

Resum

Aquest projecte té com objectiu analitzar l'estructura de formigó armat de l'actual escola d'arquitectura de Barcelona (ETSAB), un edifici construït entre 1954, 1959 i 1960 i modificat posteriorment.

En primer lloc, es fa una introducció sobre l'època en la que va ser construït l'edifici, el context històric, de tal manera que el lector pugui fer-se una idea de la situació que hi havia. Va ser l'època de post guerra civil, fins el moment de dur-se a terme el pla d'estabilització, no sense abans haver patit els canvis en els materials de construcció.

A continuació, s'anomenen diferents edificis de formigó armat de la mateixa època, entre 1954-1963 situats a la ciutat de Barcelona i amb característiques destacables.

Posteriorment, s'estudien els mètodes de càlcul més rellevants de l'època, començant pel Mètode de Cross, ja que és el principal per estructures en aquell context històric, i s'hi fa una breu descripció de la metodologia, posant com exemple pràctic de l'època una part de l'edifici estudiat. També s'anomena els mètodes matricials que s'utilitzaven i es fa un llistat de la normativa de l'època, analitzant els trets bàsics.

Tot seguit, com a part principal de la memòria, s'analitza la solució constructiva de l'actual Escola d'Arquitectes de Barcelona, s'hi descriuen els mètodes emprats als que s'ha tingut accés a través de la memòria de càlcul disponible, i es refan els càlculs amb mètodes d'avui en dia, utilitzant el programa de càlcul matricial *Estruwin*, per tal de verificar la validesa dels resultats.

Es fa un breu estudi de l'arquitecte, i dels seus projectes més rellevants, així com la situació de l'Avinguda Diagonal en aquella època.

Per últim, després de realitzar l'estudi de l'edifici, s'acaba fent un estudi de l'impacte ambiental i el pressupost del projecte.

S'acaba conclouent que existeixen incoherències entre el que consta als plànols i memòries de càlcul i el que realment s'hi troba construït.



Sumari

RESUM.....	1
SUMARI	2
1. PREFACI	4
1.1. Origen del projecte	4
1.2. Motivació	4
INTRODUCCIÓ	5
2. CONTEXT HISTÒRIC DELS ANYS 50 I 60 A CATALUNYA I ESPANYA.....	6
3. HISTÒRIA DE L'ETSAB (1954 - 1959 - 1960): LA CREACIÓ.....	16
3.1. Informació general.....	20
3.2. Apunts històrics de l'escola.....	21
3.3. Historia arquitectura modernista	23
3.4. Ampliació Escola d'Arquitectura de Barcelona	23
3.5. Edificis ETSAB	24
4. EDIFICIS DE FORMIGÓ ARMAT DELS ANYS 50	25
4.1. Hotel Park	25
4.2. Mercat de Guinardó.....	26
4.3. Estadi de Futbol Club Barcelona.....	28
4.4. Escola Universitària d'Estudis Empresarials	29
4.5. Edifici comercial	30
4.6. Garatge Catedral	31
4.7. Centre quirúrgic Sant Jordi	32
4.8. Cinema "Liceo"	33
4.9. Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona.....	34
4.10. Mobles la Fàbrica.....	36
5. MÈTODES DE CàLCUL DE LA ÈPOCA.....	37
5.1. Mètode de Cross.....	37
5.1.1. Introducció.....	37
5.2. Mètode indirecte de Cross	40
5.2.1. Mètode directe per estructures translacionals.....	44
5.2.2. Exemple del mètode de Cross.....	44
5.3. Els mètodes que apareixen després del mètode de Cross	45
5.3.1. Mètodes matricials	45



6. MÈTODES CONSTRUCTIUS	46
6.1. Normativa de l'època	46
7. L'ETSAB, ARQUITECTURA I CONSTRUCCIÓ	49
7.1. Eusebi Bona, l'arquitecte.....	49
7.1.1. Projectes.....	52
7.2. L'avinguda Diagonal.....	54
7.3. Estructures i càlculs de l'ETSAB.....	56
8. IMPACTE AMBIENTAL	60
8.1. Efectes sobre el paisatge i el medi geològic	60
8.2. Impacte acústic	60
8.3. Afectació sobre cursos d'aigua i ecosistemes associats.....	60
8.4. Afectació a la vegetació.....	61
8.5. Afectació a la fauna i a la permeabilitat biològica.....	61
8.6. Afectació sobre la permeabilitat de traça de les persones.....	61
9. PRESSUPOST	62
9.1. Pressupost del projecte d'enginyeria.....	62
9.2. Pressupost original de l'ETSAB	62
CONCLUSIONS	69
AGRAÏMENTS.....	70
BIBLIOGRAFIA.....	71
Referències bibliogràfiques.....	71
Bibliografia complementària.....	73



1. Prefaci

1.1. Origen del projecte

Aquest projecte tracta el tema d'Estructures i Construccions Industrials, doncs aquesta ha estat la intensificació que he cursat a la carrera, i evidentment, és un tema que m'agrada. Quan una es planteja el tema del projecte, és cert que existeixen moltes possibilitats però, en el meu cas, el fet de haver fet una assignatura dedicada al formigó armat, em va portar a decidir un projecte relacionat amb el mateix. Un altre fet que em va fer decidir sobre el tema, va ser que l'edifici ETSAB és una universitat dedicada a l'Arquitectura, una carrera que considero fortament lligada a la branca d'Estructures i Construccions de la carrera d'Enginyeria Industrial. Finalment, cal destacar que el meu interès en el procés constructiu, i el per què dels mètodes que s'utilitzaven, va ser lo que va definir el tema treballat en el meu projecte.

1.2. Motivació

Des de petita sempre m'ha agradat la construcció, doncs ja amb 10 anys m'agradava construir estructures amb blocs de fusta. Després, sent més gran, el que volia era entendre una mica més sobre l'edificació, que tenien en compte alhora de fer un edifici, com feien tots els càlculs, o per què escollien un material o un altre. Però al començar la carrera, encara no tenia clar quina especialització escolliria, perquè també hi havia altres temes com la química que m'agradaven. I, quan vaig cursar les assignatures de Mecànica dels Medis Continus i Estructures i Construccions Industrials, em va fer decidir sobre la intensificació d'estructures.

Les assignatures d'aquesta intensificació m'han proporcionat al llarg de la carrera unes eines que m'han ajudat a entendre els tipus d'estructures i una mica més el món de la construcció, i obrir-me portes d'aquest món.

A més a més, la humanitat està en constant desenvolupament, buscant sempre nous mètodes més òptims, i millors en tots els sentits i ha portat a construccions que fa pocs anys serien impensables, però que en l'actualitat són una realitat.

Actualment, la falta de recursos a causa de la crisi global a nivell mundial, porta a valorar més el que ja tenim, en aquest cas concret, en el món de la edificació, i pensar en com millorar el que ja tenim, en comptes d'enderrocar i fer noves construccions, cosa que s'ha estat fent sempre i d'aquí l'actual crisi.



Introducció

Aquest projecte es centra, tan en l'estudi dels processos de càlcul i construccions de les estructures, com en el context històric i la situació del país en el que es va realitzar, i en comparar si actualment el mètode constructiu portaria a grans canvis o millores en l'edifici o, simplement, seria un símil al mètode utilitzat.

Aquest estudi ha portat a consultar la memòria de càlcul de l'ETSAB, obtinguda de l'Arxiu Històric del Col·legi d'Arquitectes de Catalunya, la normativa utilitzada en aquella època, que es trobava publicada en el BOE. També, la cerca d'informació sobre la situació del país en els anys 50 ha conduït a la visita de diverses biblioteques, entre elles la pròpia ETSAB.

El fet de ser un projecte d'enginyeria, implica fer especial èmfasi en els mètodes de càlcul de l'època, tenint en compte la normativa que havia de complir i la situació en que es trobava el país.



2. Context històric dels anys 50 i 60 a Catalunya i Espanya

Evolució econòmica i social 1939-1959

Al 1939, Espanya era un país arruïnat. El règim franquista, davant la penúria econòmica, va donar una solució marcada pel model creat a la Itàlia de Mussolini, consolidat en l'Alemanya de Hitler: l'autarquia, una política econòmica basada en la recerca de l'autosuficiència econòmica, i la intervenció de l'Estat.

L'intervencionisme de l'Estat es va estendre per gran part de l'economia nacional, va fixar els preus agrícoles i va obligar als camperols a lliurar els excedents de les seves collites. Al 1941 es va crear l'Institut Nacional d'Indústria (INI) per un millor control i es va establir un rígid control del comerç exterior.

Els anys de la postguerra van marcar una tremenda regressió en el terreny econòmic: la producció agrícola i industrial es va enfonsar i el sector primari va tornar a superar el 50% de la renda nacional.

En un context d'escassetat i intervenció estatal, l'economia del país es va veure dirigida pel mercat negre, l'estraperlo i la corrupció generalitzada, i aquesta situació es va veure fortament agreujada per la situació internacional, la Segona Guerra Mundial (1939-1945), a la qual li va succeir un període d'aïllament per la condemna internacional del règim de Franco com aliat de l'Eix¹.

L'evident fracàs del model autàrquic va fer que, des dels inicis dels anys cinquanta, es produís un gir en la política econòmica. Es va aplicar una liberalització parcial de preus, del comerç i la circulació de mercaderies, i al 1952 es va posar fi al racionament d'aliments. Totes aquestes mesures van portar una certa expansió econòmica. Finalment, al 1954 es va superar la renda per habitant de 1935, posant fi a 20 anys perduts en el desenvolupament econòmic espanyol.

¹ Les Potències de l'Eix eren els estats oposats als Aliats durant la Segona Guerra Mundial, i els tres principals poders de l'Eix eren: Alemanya, Itàlia i l'Imperi Japonès.



Aquesta nova situació va propiciar que des de 1951 els Estats Units d'Amèrica, en part per interessos estratègics i geopolítics, donés suport financer a Espanya mitjançant crèdits bancaris, a causa de la guerra freda, i a canvi, Estats Units rebia privilegis militars en territori espanyol. L'augment de l'adquisició de subministraments va produir una expansió més ràpida, i més endavant el preu van començar a pujar i les reserves de divises a disminuir. Aquesta situació va portar a Franco a crear un govern de tecnòcrates de l'Opus Dei, a partir de 1957, que va elaborar i establir una nova política econòmica i planificada el 1959, la qual va començar a mostrar signes positius ràpidament.

1959-1973: Expansió i Creixement

El pla d'estabilització elaborat pel nou govern, tenia com objectiu aconseguir l'estabilitat econòmica, l'equilibri de la balança de pagaments i l'enfortiment de la moneda. Tot això va suposar, per una part, la liberalització de l'economia i per l'altra l'austeritat, retallar la despesa pública, disminuir el grau d'Intervenció de l'Estat en l'economia i obrir l'economia de les inversors Internacionals i empreses.

El pla va tenir èxit immediat ja que va contenir la inflació i refer les reserves de divises, però, en contra, el creixement va frenar-se des de 1958 fins a 1960, mentre s'operava el reajustament.

El Govern espanyol, amb aquests antecedents, va decidir elaborar un programa de desenvolupament de les Nacions Unides. I amb aquestes mesures es va arribar a una llarga etapa d'expansió econòmica, internacionalment coneguda com el Miracle Espanyol, que va durar fins a la crisi del petroli de 1973.

▪ LA CONSTRUCCIÓ

Durant les dècades 50, 60 i 70, es va produir a Espanya una expansió econòmica sense precedents fins aquell moment.

Les construccions en aquell moment, a falta dels conceptes de qualitat i modernitat a Espanya, de vegades eren deficitàries, tant en estructura com en qualitat.

Arquitectura

Als anys 30, la construcció europea era fonamentalment artesanal, tot i que ja existia la necessitat d'assolir la industrialització en el seu procés de producció. Aquells països que, com Alemanya, Suïssa, França o Anglaterra, ja havien iniciat en dècades anteriors el seu camí cap a aquest procés, en 1937 havien aconseguit racionalitzar, en gran mesura, la totalitat del procés arquitectònic i, en alguns casos, fins i tot reduir els seus costos de la construcció artesanal en un 30% la construcció front la costosa mà d'obra. Però Espanya, degut en gran part a la Guerra Civil, seguia sent fonamentalment artesanal i la seva falta de



medis econòmics i la seva abundant i barata mà d'obra impedia la racionalització científica del procés arquitectònic.

▪ LA SIDERÚRGICA (ACER)

La siderúrgia espanyola va assolir, al 1929, la producció d'un milió de tones d'acer, i al 1940, després de la Guerra Civil, va disminuir a la meitat, període durant el qual tota la producció es va concentrar al nord.

Per controlar i combinar la tasca d'intervenció de l'Estat, es van crear una sèrie d'organismes amb la finalitat d'aconseguir el desenvolupament de la Nació. Un dels de caràcter econòmic, de la primera dècada de Pau (1940-1950), va ser la Delegació Oficial de l'Estat en la Indústria Siderúrgica (DOESIS), creada pel Decret del 19 de desembre de 1940, a la qual se li atribueix la fiscalització dels subministraments de productes siderúrgics, cuidant també de la seva distribució.

La DOEIS en els seus inicis tenia un paper limitat en assegurar l'aprovisionament de ferro i acer a l'exèrcit, la marina i a alguns sectors claus, però davant la creixent manca d'aquest sector, va acabar intervenint en la distribució total. Va tractar de fer front a una situació en la qual la demanda superava l'oferta a través de la contenció dels preus i la reglamentació del mercat siderúrgic. Una de les conseqüències d'aquesta política econòmica va ser afavorir el mercat negre i desviar una part dels beneficis de la siderúrgia cap als especuladors, estraperlistes i persones ben situades a l'entramat polític-administratiu del règim. A partir dels anys cinquanta, la societat espanyola va ser penetrant en la societat de consum, incrementant la seva demanda de béns de consum com turismes. Finalment, es va suprimir per decret del 15 d'octubre de 1959.

Durant els anys 1940-1950 la mineria va trobar un entorn favorable, i en l'època de la Segona Guerra Mundial Biscaia es va convertir en el primer productor siderúrgic d'Espanya, seguida d'Astúries i després Santander, Àlaba, Guipúscoa i Navarra.

El 15 de juny de 1950, l'Estat Espanyol va dictar un decret encarregant a l'Institut Nacional d'Indústria (INI) la construcció de l'Empresa Nacional Siderúrgica, S.A (ENSIDESA) de capital totalment públic, a Avilés (Astúries), que va arrencar el seu primer forn a 1957, passant a ser la siderúrgia espanyola líder del mercat. La gestió del carbó i l'acer va donar lloc a la primera institució supranacional europea de la postguerra, la CECA (1951).

Al 1961 es va crear la Unió de Siderúrgiques Asturianas (UNINSA), sent la dècada dels 60 l'inici del procés de reestructuració minera i industrial.



▪ CIMENT

La crisi del 1929 va produir una caiguda de la producció del ciment que no va recuperar fins al 1935 quan les tasques de reconstrucció, a causa de la guerra, van incrementar notablement la demanda.

Després de la Guerra Civil i fins a 1960, la indústria va estar totalment intervinguda a través de la Delegació del Govern a la Indústria del Ciment (DGIC), amb funcions anàlogues a la DOEIS, i dependent del Ministeri d'Indústria. La intervenció fou necessària no solament per l'escassetat de l'oferta de les fàbriques nacionals, que estigueren estancades els anys de postguerra, sinó també perquè l'escassetat de productes siderúrgics va fer que la indústria de la construcció passés a utilitzar molt més formigó per unitat d'obra construïda que abans de la guerra.

Al 1949 es va crear l'Institut Tècnic de la Construcció i l'Institut del Ciment i durant els anys cinquanta es va produir un ràpid creixement industrial que va afavorir al sector del ciment. A partir de 1948 les corbes producció i consum van anar creixent de manera equivalent.

El govern de 1957, format per membres de l'Opus Dei, membres amb formació universitària, va dur a terme una sèrie de mesures per intentar salvar l'economia decadent i sense esperances de futur. Una de les mesures preses va ser l'entrada d'Espanya a tres organismes internacionals: la Organització Europea de Cooperació Econòmica (OECE), el Fons Monetari Internacional (FMI) i el Banc Internacional de Reconstrucció i Foment (BIRF). Un informe de l'OECE de 1959 sobre la situació econòmica a Espanya va ser l'antecedent directe del Pla d'Estabilització, que es va formalitzar el 30 de Juny de 1959, i amb el vistiplau de la OECE i el FMI, Espanya va poder rebre un total de 546 milions de dòlars aportats per l'OECE, el FMI, i els EE.UU. Va ser en aquesta època en la que es van substituir les fonts d'energia tradicionals com el carbó, per les modernes com el petroli o l'electricitat, i els materials sintètics per plàstics. També va haver un increment tecnològic en química, metall i maquinària. Com a conseqüència d'aquest pla, en els anys seixanta es va incrementar fortament el creixement de l'economia espanyola, el més alt viscut fins llavors, i els efectes es van deixar notar a molt curt termini:

- Al 1959 es va produir un superàvit de la balança de pagaments de 81 milions de dòlars.
- Les reserves de divises del Banc d'Espanya es van incrementar.
- La inflació es va reduir des del 12,6% en 1958 fins al 2,4% al 1960.
- Es va incrementar la inversió exterior a Espanya i el turisme.
- Van millorar les condicions de competència i van incorporar-se tecnologies al país.



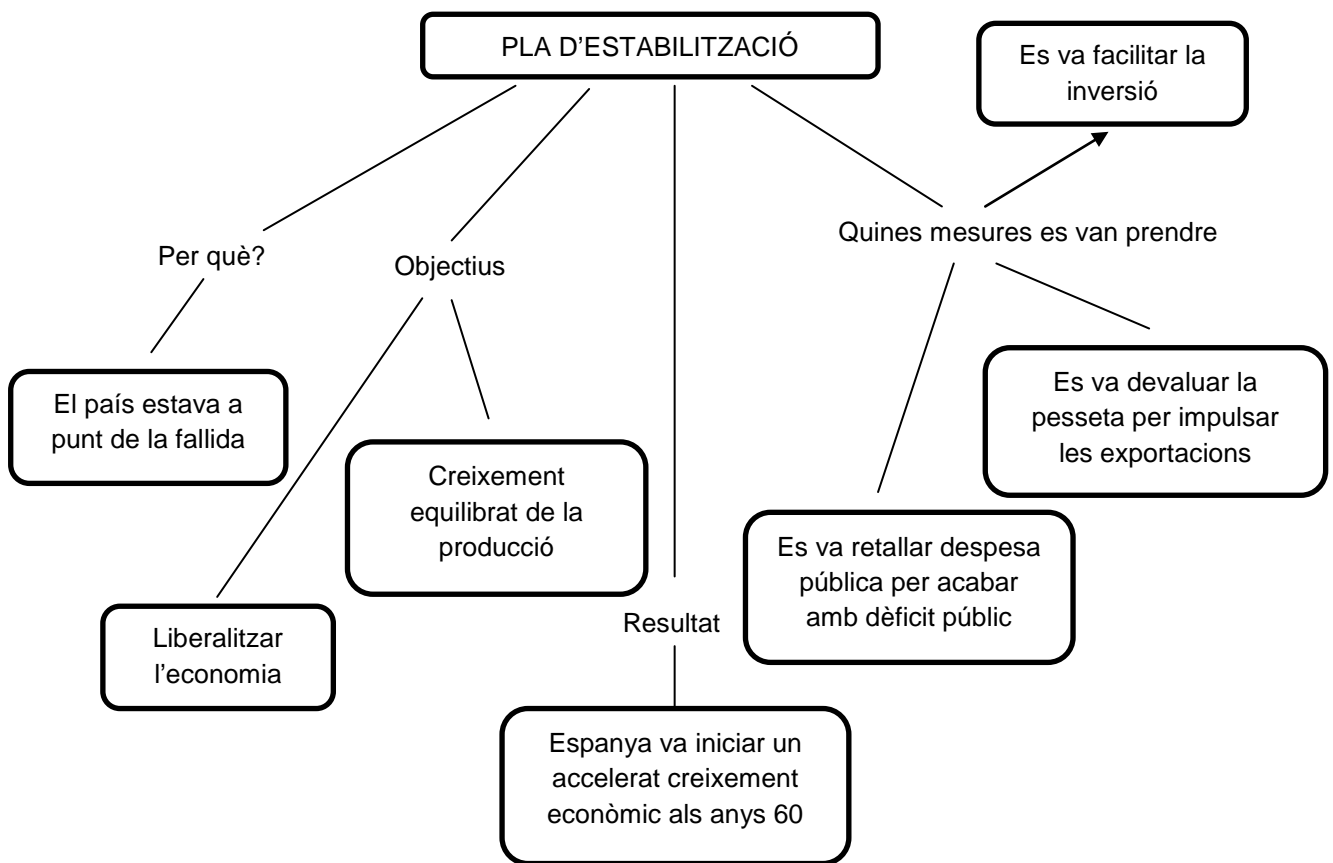


Figura 2.1 Esquema Pla d'estabilització [9]

Les mesures liberalitzadores de 1959 van permetre a l'economia espanyola aprofitar una sèrie d'oportunitats favorables. A partir d'aquesta data, es va donar una ràpida expansió econòmica gràcies al baix cost mundial de l'energia, els preus favorables de les matèries primeres i aliments, al turisme, a les entrades netes de capital i a la disponibilitat de recursos financers externs subministrats per remeses d'emigrants. També la possibilitat immediata d'accés a una tecnologia exterior que havia avançat extraordinàriament i a la que s'havia donat l'esquena durant més de vint anys, a més de l'existència d'una mà d'obra agrícola excedentària disponible per a qualsevol possible procés d'industrialització, va contribuir a aquest creixement econòmic.

Entre 1960 i 1973 l'economia espanyola va créixer a una taxa mitjana anual acumulativa del 7,4%, realment excepcional per quantia i també per la durada del període de temps durant el qual es va mantenir.

Els seixanta també van ser els anys de l'entrada de la química al món de la construcció. El desenvolupament de la indústria química va dependre de tres factors tals com la disponibilitat de matèries primeres, grau de desenvolupament industrial i nivell científic i tècnic del país.



Durant el 1940 i 1960 es van desenvolupar els sistemes modificats amb polímers i es van dur a terme les primeres aplicacions en el sector de la construcció. Els polímers solubles en aigua, desenvolupats des del 1960, s'aplicaven als morters destinats a la col·locació de rajoles ceràmiques.

L'aparició del petroli i la hulla, base de tota la carbó-química, va fer créixer la indústria química per les importacions que va fer España a partir dels anys seixanta. Degut a aquest augment de la indústria química, va arribar el concepte de material sintètic; fibra de vidre, làmines asfàltiques, fusteria d'alumini i les primeres persianes de PVC.

A finals del segle XIX, des d'Europa es va començar a treballar en el concepte del formigó armat tal i com el coneixem avui en dia. Però el concepte de construcció modular o construcció prefabricada va començar a forjar-se als EUA, en la primera meitat del segle XX, amb el nom propi de sistema *Tilt-up*. Aquest consistia en la creació dels tancaments sobre panells en posició horitzontal per posteriorment, un cop formigonats i curats, ser aixecats. Aquest sistema es va anar estenent pel gran avanç que suposava en els processos constructius. En la Primera Guerra Mundial (1914-1918) EUA va ser el gran motor econòmic proveïnt a tot el vell continent, a causa de la seva indústria, però que posteriorment aquesta va quedar estancada per certes mancances del mètode.

La Segona Guerra Mundial (1939-1945), va ser l'esdeveniment que va impulsar la creació més gran en la indústria del prefabricat a causa de la destrucció de moltes ciutats que van quedar arrasades per els constants bombardejos de l'aviació.

Al 1945, un cop finalitzada la guerra, es va dur a terme la reconstrucció del continent. Aquesta etapa de reconstrucció forçada va fomentar la creació i especialització de la indústria del prefabricat, que havia de ser capaç de reconstruir ràpidament edificis per poder allotjar les persones de les ciutats afectades, juntament amb l'aparició de les grues mòbils i els camions formigonera. Van començar a forjar l'expansió d'una indústria, tot i portar més de quatre dècades des de la seva aparició.

Durant el 1960 i 1970, els moviments massius de la població que va emigrar cap a les zones més industrialitzades, Madrid, País Basc i Catalunya, va portar a una forta demanda d'habitatges, i van posar les bases per la incursió del sistema de prefabricat a Espanya, ja experimentat en les escoles entre 1950 i 1960. De nou es van donar els factors que havien mogut aquesta indústria durant la seva curta vida, perquè les necessitats eren la reducció de temps de la construcció, costos ajustats per poder emprendre el major nombre d'habitatges



amb el mínim cost econòmic per població que tenia poc nivell adquisitiu i de classe obrera que necessitava instal·lar-se ràpid.

A Catalunya l'emigració va suposar un fort creixement, sobretot a les zones perifèriques al voltant de Barcelona com Sta. Coloma de Gramenet, Cornellà i l'Hospitalet, a causa de la forta industrialització que estava emergint al voltant de la zona portuària amb fortes indústries com la de mercaderies i les de producció automobilística. El pas d'una societat tradicional a una societat industrial i urbana de masses, es va portar a terme amb un retard d'uns quinze a vint anys respecte als països d'Europa occidental, encara que amb un ritme major.

L'increment de la producció de carbó, coure, alumini, entre d'altres, va crear la necessitat d'importar-los d'altres llocs per poder cobrir la demanda. La creació d'ENSIDESA al 1957, va fer recuperar el nivell del sector siderúrgic.

El sector elèctric es va convertir en el motor essencial de la industrialització. En la indústria transformadora es destaquen tres sectors: el metal·lúrgic i el tèxtil, al capdavant de la industrialització durant aquest període, i el químic, el de més recent creació. En la metal·lúrgia de transformació, es va reforçar notablement la producció de màquines eina i accessoris.

Els principals motors i responsables del progrés industrial en aquest període van ser la mineria, l'automoció, especialment la fabricació d'automòbils i vehicles industrials, i la fabricació de maquinària. També el desenvolupament de la indústria química, que havia arribat amb escassa importància fins a aquest període. La construcció de maquinària, tant elèctrica com no elèctrica, va adquirir, també, un intens ritme.

Així, la modernització de la maquinària, va permetre mecanitzar certes feines i fer augmentar el seu rendiment, de manera que van anar sorgint tipus d'operaris diferents de l'antic paleta.

Per aplicacions civils/estructurals, l'aparició dels materials compostos neix a causa de la necessitat d'obtenir materials que combinin les propietats dels ceràmics, els plàstics i els metalls. Per exemple, en la indústria del transport són necessaris materials lleugers, rígids, resistents a l'impacte i a la corrosió i el desgast, propietats que poques vegades es donen juntes.



▪ HISTORIA FORMIGÓ ARMAT

L'èxit del formigó ha estat la seva qualitat d'adaptar-se a les formes, virtut radical del seu triomf.

Abans de l'imperi Romà, durant la prehistòria, quan l'home volia construir de forma duradora, utilitzava minerals estables, com per exemple la pedra o roca, i la tallava però era un mètode que limitava les dimensions.

La tècnica constructiva va millorar en el Paleolític i Neolític, quan l'home va començar a unir pedres pel mètode anomenat dels murs de “maçoneria en sec”, que consistia en la col·locació de pedres en fileres horitzontals, procurant que la seva unió fos el més homogènia possible, sempre que la morfologia de les pròpies pedres ho permetés, conformant murs sense l'ús de cap tipus de conglomerant que multiplicava l'aparició de tensions en les unions entre pedres i provocava, en molts casos, el trencament de les mateixes. Posteriorment, per tal de repartir les carregues de forma més equitativa, es va passar a omplir les capes entre les pedres amb un morter. En aquella època, el conglomerat més usat va ser una barreja d'argila piconada amb cant rodats.

Durant l'època de l'imperi Romà, l'ús del formigó com element constructiu per tot tipus d'estructures i infraestructures, va assolir un grau de satisfacció que no es va tornar a assolir fins el segle XIX. La causa va ser l'habilitat constructiva dels romans i la facilitat d'aquests per aconseguir sorres volcàniques amb propietats del ciment, que junt amb calç i còdols preparaven un morter amb propietats físiques i mecàniques molt semblants a les que té actualment el formigó. Però quan l'imperi Romà va declinar, l'ús del formigó va disminuir.

A John Smeaton se li va encarregar, per part de la *Royal Society*, la construcció definitiva del far de Eddystone. Aquest va entendre ràpidament que la calç blanca comunament usada per al morter, era inferior en les seves qualitats hidràuliques (propietat d'endurir sota l'aigua) a la calç grisa, que contenia algunes impureses d'argila. Posteriorment, va observar que la porcellana tenia encara unes qualitats hidràuliques superiors a les de la calç grisa, gràcies a la combinació dels seus components majoritaris; òxid de calci (calç) i silicat d'alumini (argila). Per l'enginyeria civil va ser un gran descobriment i va ser el inici de la era “el formigó modern”.

Els inicis de la unió del formigó i de l'acer es va donar a partir de l'època dels cinquanta del segle XIX, tot i que a l'època de l'imperi Romà ja s'havia utilitzat el recurs d'utilitzar el formigó amb bronze o ferro, quan la tracció era excessiva.



Durant el segle XIX es van realitzar dues produccions més ornamentals que pràctiques en les que s'utilitzava el formigó reforçat amb armadura. La primera, a 1850, les Caixes de Flors i Gerros per decoració de jardins, obra de Monier, França, mentre que la segona va ser la Barca de Lambot, presentada a l'Exposició Universal de París el 1855. Durant aquest període va sorgir la idea d'augmentar la resistència a flexió del formigó.

François Coignet, va obtenir la primera patent de sostres de formigó amb armadura formada per barres de ferro creuat. Joseph Monier, considerat com un dels precursors en l'ús del formigó armat, va aconseguir la patent basada en les seves jardineres, l'any 1867, i la va aplicar a elements constructius com bigues, voltes o tubs. A François Hennebique se li van concedir tres patents: la primera a 1892, era la d'una biga en T, la segona, a 1894, es tractava d'una llosa de forjat alleugerida, i la tercera, versava sobre pilons prefabricats, i la va obtenir l'any 1898. Hennebique, amb el conjunt de les seves patents, va desenvolupar un sistema integral de construcció, en el qual plantejava per primera vegada un sistema complet, des de la fonamentació fins a la coberta.

A Espanya, la patent d'Hennebique de 1892 es va difondre ràpidament, i a Catalunya la patent de Monier va tenir un desenvolupament especialment intens.

Fins a la meitat de la última dècada del segle XIX, els treballs realitzats amb formigó armat eren realment experimentals, però en aquell moment van anar apareixent els primers estudis racionals en matèria de formigó armat.

Els alemanys Bach i Johann Bauschinger, als anys 1894 i 1895, van fixar els coeficients d'elasticitat longitudinal de les peces i introduir els conceptes de quanties metàl·liques i relació de les deformacions conjuntes. Després, fins a 1939, Espanya no va gaudir de la seva primera normativa de formigó armat.

És el francès Eugenio Freysinnet (1879-1962), qui va desenvolupar la tecnologia del formigó pretesat, obtenint les principals patents relatives a aquest camp d'investigació en 1928. No obstant això, el pretesat no va aconseguir el seu veritable desenvolupament pràctic fins després de la Segona Guerra Mundial, moment en què es va fer necessària la reconstrucció d'una ingent quantitat d'edificis i infraestructures en un curt espai de temps. Cal destacar la contribució realitzada per part de l'espanyol Eduardo Torroja en l'àmbit del formigó pretesat, tant per les seves treballs teòrics com per les seves prestigioses realitzacions.

En la posada en obra del formigó, es destacava la unió amb l'acer, utilitzat tant en arquitectura com en enginyeria civil. I pel que a arquitectura es refereix, des de finals del



segle XVIII es van emprar bigues de ferro que consistia en la disposició de revoltos de maó entre les bigues metàl·liques. A mitjans del segle XIX, el formigó va començar a substituir gradualment a les revoltos de maó, arribant en 1853 la primera patent de sostre de formigó amb armadura.

Quant a qualitat, entre 1936 i 1960, degut a que els materials estaven sotmesos a un sistema de preus i subministres controlats, existint un potent mercat negre, era molt complicat controlar la qualitat de l'obra.



3. Història de l'ETSAB (1954 - 1959 - 1960): La creació

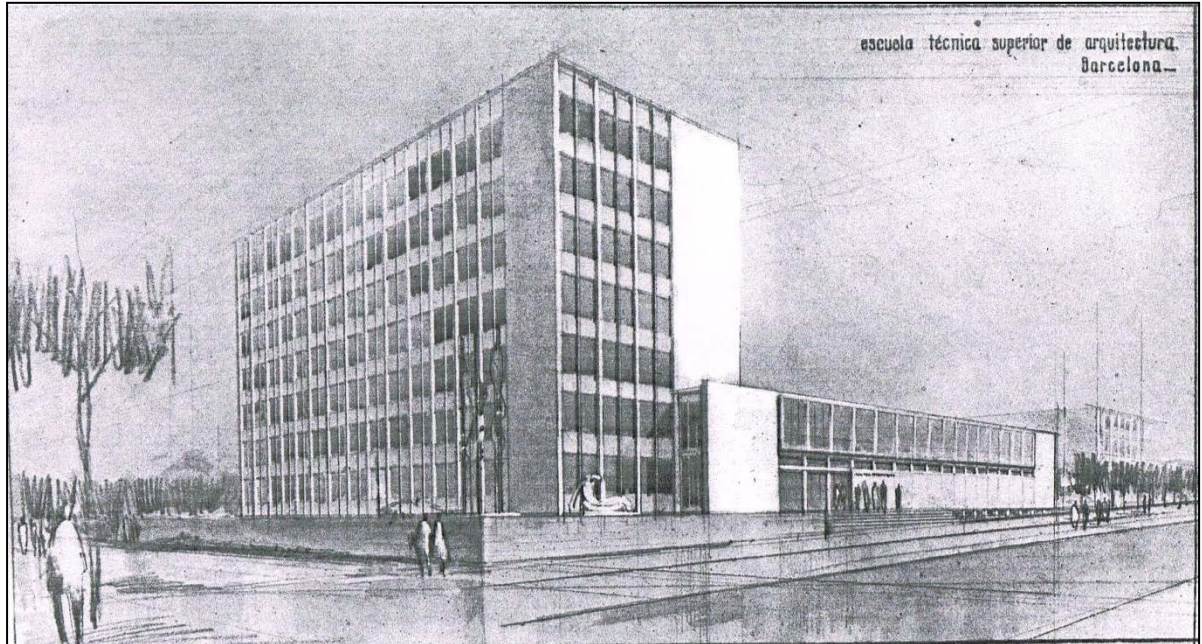


Figura 3.1 Façana de l'ETSAB dibuixada per Eusebi Bona [5]

Degut a la revolució de setembre de 1868, l'Acadèmia Provincial de Belles Arts de Barcelona va demandar que s'establís a Barcelona una escola d'arquitectura, exposant la necessitat de la seva existència i els resultats que es podrien obtenir de la mateixa. Es va demanar a la Direcció General d'Instrucció Pública l'autorització convenient i amb la condició que el pressupost de la Nació no es veiés afectat.

Una vegada revestida l'Acadèmia, no es tenien fons per sostenir-la i el 30 de juny de 1869 es va dictar un decret, on el seu únic article deia:

"Desde 1.º de Julio próximo dejarán de ser sostenidas por el Estado las Escuelas de Bellas Artes, de Nautica, de Maestros de Obras, Aparejadores y Agrimensores que existen en las provincias y las cátedras de Taquigrafia."

La Diputació va veure que la província es quedaria sense aquests ensenyaments importants, i va decidir costejar-les agrupant-les totes en una, fundant l'Escola Politècnica, i afegint dos anys d'ensenyament intern especial d'Arquitectura, que va començar a funcionar al 1870, aprofitant els Mestres d'Obres que es van oferir a fer-ho gratuïtament.



A setembre de 1869, es va obligar al rectorat de l'Escola d'Arquitectura a fer la declaració d'escola lliure, deixant completament anul·lat tot el que s'assignava a la disposició creadora, a causa de l'article 3 d'un Decret que deia que els establiments lliures, sostinguts per les Diputacions i Ajuntaments, habilitarien els títols per a l'exercici privat de les professions, però no pels treballs públics i serveis oficials fins que no es rehabilitessin com es determinava en el present decret.

Un altre decret, expedit pel Ministre de Foment el 5 de maig de 1871, deia que es declarava lliure l'exercici de la professió d'Obres i Aparelladors, i en l'article 2 anunciava:

“Se reserva el derecho a los que actualmente poseen título oficial de esta carrera a ocupar los destinos retribuidos de fondos generales, provinciales o municipales correspondientes a su clase, declarar en juicio y proyectar y dirigir obras con arreglo a las prescripciones actualmente vigentes”

D'una manera indirecte la situació de l'Escola d'Arquitectura es va veure afectada, privant a la província de la branca de construccions. Així ho va entendre la Diputació, de manera que va suprimir l'Escola Politècnica, va separar els diferents grups d'ensenyament que tenia, fundant les escoles de Pintura, Escultura i Gravat i l'Escola d'Arquitectura (referint-se a les de caràcter artístic), a través d'un acord amb la Comissió Provincial el 31 d'Octubre de 1871 i va posar ambdues escoles sota la mateixa dependència de l'Acadèmia de Belles Arts (delegada de la Diputació Provincial). Es va establir l'ensenyament complet i es va utilitzar els professors excedents del suprimit ensenyament de Mestres d'Obres per exercir part de les seves càtedres. Es va proveir, de manera provisional, les tres càtedres restants als senyors Rovira, Serrallach i Font, i es van convocar oposicions per a la definitiva ocupació d'aquestes, funcionant l'Escola en el curs 1872, després de ser formalment reconeguda pel Rectorat del districte.

Una vegada l'escola funcionava de forma regular, a partir d'una sèrie de Decrets que reorganitzava l'ensenyament públic, es van suprimir els títols lliures i la intervenció directe de l'Estat en el funcionament d'aquests ensenyaments. El 18 de setembre de 1875 es va declarar oficial l'Escola d'Arquitectura per la Real obra de forma definitiva.



PRESUPUESTO minimo que exige el cumplimiento del nuevo Reglamento de la Escuela Superior de Arquitectura de Madrid aprobado en 7 de Septiembre del corriente año, publicado en la Gaceta en 11 del propio mes y obligatorio para la de Barcelona en virtud del Decreto de su creacion.

		PESETAS	PESETAS
10 Profesores numerarios á	3.500 pesetas.	35.000	
8 id. auxiliares á	2.333 »	18.664	
Retribucion al Director.		1.000	
Id. al Secretario.		500	
Gratificacion al Inspector.		1.000	
Auxiliar de Secretaria.		1.760	
1 Conserje-portero.		950	
3 Bedeles-mozos á	900 pesetas.	2.700	
Gratificacion á los mismos, por alquiler de habitacion.		540	
Gastos de material, de Secretaria, museos y laboratorio.		5.000	
Gastos de Excursiones artisticas reglamentarias.		2.500	
		69.614	69.614
PRESUPUESTO DE INGRESOS			
350 matriculas que podrian aumentarse, á 25 pesetas una.		8.750	
10 Titulos de Arquitecto á	500 » uno.	5.000	
		13.750	13.750
Cantidad que costará á la Diputacion el sostenimiento de la Escuela de Arquitectura.			55.864

OBSERVACION: como los tres catedráticos numerarios de esta Escuela Sres. Villar, Rogent y Torras, perciben del Estado los dos tercios del sueldo de entrada como excedentes de la suprimida Escuela de Maestros de Obras, la Diputacion solo les abona un tercio de dicho sueldo, por cuyo motivo, mientras desempeñen cátedra dichos señores, la cantidad hallada anteriormente deberia rebajarse de unas 6.000 pesetas.

Figura 3.2 Pressupost de l'Escola Tècnica Superior d'Arquitectura [2]

▪ DIRECTORS DE L'ETSAB:

Període	Director
1875-1889	Elies Rogent i Amat
1889-1900	Francesc de Paula del Villar Lozano
1900-1901	Lluís Domènech i Muntaner
1901-1905	Joan Torras i Guardiola
1905-1920	Lluís Domènech i Muntaner (*)
1920-1924	Joaquim Bassegoda i Amigó
1924-1932	Francesc de Paula Nebot i Torrens
1932-1938	Alexandre Soler i March



1928-1939	Josep Torres i Clavé
1939-1940	Alexandre Soler i March (*)
1940-1953	Francesc de Paula Nebot i Torrens (*)
1953-1960	Amadeu Llopart i Vilalta
1960-1968	Robert Terradas i Via
1968-1969	Manuel de Solà-Morales i Rosselló
1969-1972	Leopoldo Gil i Nebot
1972-1973	Javier Carvajal Ferrer
1973-1977	Javier de Cárdenas Chavarri
1977-1980	Oriol Bohigas i Guardiola
1980-1984	Josep Muntanola i Thornberg
1984-1991	Fernando Juan Ramos Galino
1991-1994	Santiago Roqueta i Matias
1994-1997	Manuel de Solà-Morales i Rubió
1997-2001	Eduard Bru i Bistuer
2001-2008	Jaume Sanmartí i Verdeguer
2008-2013	Ferran Sagarra Trias
2013-actual	Jordi Ros Ballesteros

Taula 3.1 Directors ETSAB

(*) Repeteixen en el càrrec



3.1. Informació general



L'Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona (ETSAB) és una de les dues escoles d'arquitectura de la Universitat Politècnica de Catalunya, l'altra és l'Escola Tècnica Superior d'Arquitectura del Vallès (ETSAV), al campus de Sant Cugat del Vallès. Prepara i expedeix el títol d'arquitecte, així com doctorats i diversos màsters de postgrau.

Figura 3.3 Logo ETSAB

Aquesta escola es va crear al 1875, sota el nom *d'Escola Provincial d'Arquitectura de Barcelona*, sent la més gran i antiga de Catalunya i la segona més antiga de l'Estat, i al 1972 es va integrar la Universitat Politècnica de Barcelona, després anomenada Politècnica de Catalunya. *La Escuela Provincial de Arquitectura de Barcelona* és la continuadora d'un ensenyament que arrenca a principi del segle XIX, amb la Classe d'Arquitectura d'Antoni Celles a l'Escola de Nobles Arts de la Llotja, promoguda per la Reial Junta Particular de Comerç. Una tradició docent que tindrà episodis successius en les diferents escoles de Mestres d'Obres.

De fet, *la Escuela Provincial de Arquitectura* ja funcionava des del 1871. La nova escola es sustentava sobre dos models pedagògics: el Politècnic, del qual en pren el sistema d'estructurar la carrera en assignatures, predominant les tècniques. De l'altre, el de *l'École des Beaux Arts* que proporciona el gust per les qualitats pictòriques del dibuix. L'arquitecte Eusebi Bona mostra que aquest darrer model és l'exercici de revàlida que adopta l'escola per avaluar als estudiants.

Sota la direcció d'Elies Rogent (1871-1889) i al llarg del període del de Lluís Domènech i Montaner (1900, 1905-1919), a l'Escola es desenvolupa un cicle força coherent. Es rebutja la tradició clàssica i s'intenta un apropament a les tradicions locals, com ara les formes de l'Edat Mitjana. L'Escola participa, de manera moderada, en el pensament nacionalista romàntic català; es visiten els monuments del passat, es fan aixecaments i projectes de restauració.

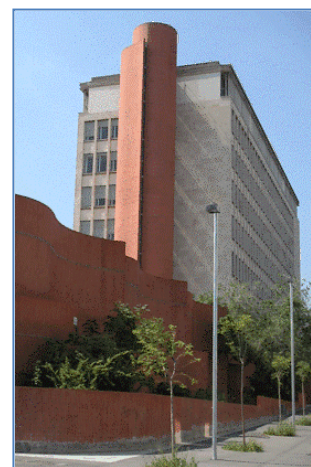


Figura 3.4 Part posterior ETSAB



L'actual edifici es va posar en funcionament en 1961 i està situat en l'Avinguda Diagonal, 649, dintre de la zona universitària de Barcelona. En la figura 3.5 es pot veure una imatge des del satèl·lit que situa l'escola en l'Avinguda Diagonal.

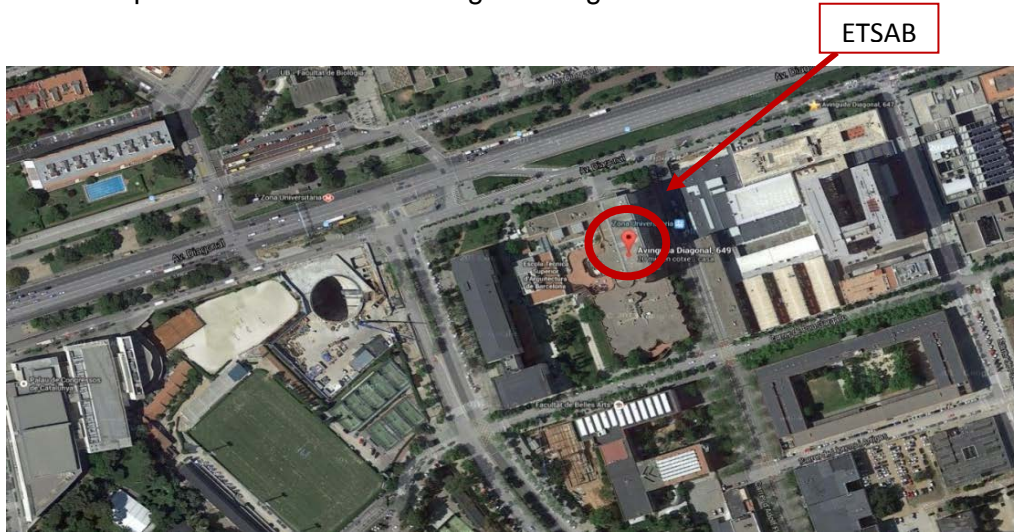


Figura 3.5 Vista satèl·lit situació de l'ETSAB [12]

3.2. Apunts històrics de l'escola

A 1914 entra en vigor un pla d'estudis nou i la carrera d'arquitectura passa a ser llarga i complexa. Els projectes s'ocupen de bastir l'arquitectura de les institucions públiques, de la indústria i de la societat civil i religiosa catalana, passant decennis molt tancada a propostes externes. L'any 1938, va haver un intent d'actualització dels estudis, sota la direcció de Josep Torres Clavé, però a causa de la guerra civil no va esdevenir exitós i, posteriorment van haver dècades d'ensenyament retòric i poc creatiu. El procés de modernització de l'arquitectura es produeix fora de l'àmbit docent.



Figura 3.7 Edifici Codnerch



Figura 3.8 Edifici Segarra



Figura 3.6 Biblioteca de l'ETSAB



La Càtedra Gaudí es crea l'any 1956, sent un centre de documentació i recerca sobre la vida i obra d'Antoni Gaudí, adscrit a l'Escola, per Ordre Ministerial. El primer director va ser el professor J.F. Ràfols. De 1977 a 2008 aquesta càtedra es va traslladar als pavellons de la Finca Güell i al 2010 va tornar a la seu de l'ETSAB. Actualment, està dirigida pel professor Jaume Sanmartí i Verdaguer.

A partir de 1961, sota la direcció de Robert Terrades i Via, l'Escola es trasllada a la nova zona universitària de Pedralbes, a l'edifici projectat per l'arquitecte Josep Maria Segarra Solsona. El pla d'estudis de 1964 comença el camí cap a la normalització professional i la construcció d'una lògica d'ensenyament més adequada a les exigències de la demanda social. Al 1968, Manuel de Solà-Morales Rubió crea el LUB (Laboratori d'Urbanisme de Barcelona) que va donar un fort impuls a la recerca i l'ensenyament de l'urbanisme a l'Escola.

L'any 1973 l'Escola es traspasa de la Universitat de Barcelona a la nova Universitat Politècnica de Barcelona (posteriorment serà l'actual Universitat Politècnica de Catalunya). Al 1976 s'estableix la primera col·laboració internacional estable de l'Escola amb la participació en el programa ILAUD (*International Laboratory of Architecture and Urban Design*) d'Urbino dirigit per Giancarlo De Carlo.

Sota la direcció d'Oriol Bohigas i Guardiola, entre 1977 i 1980, s'elabora un nou pla d'estudis (1979), amb una gran presència de reconeguts professionals a la docència. Els antics pavellons prefabricats són substituïts per un nou edifici de José Antonio Coderch de Sentmenat (1913-1984) inaugurat el 1985. La forta implicació en els projectes arquitectònics i urbanístics de l'ajuntament de Barcelona i la implicació de professors de l'Escola en l'administració dels municipis de Catalunya i en els exercicis proposats als estudiants, mostren uns anys amb estreta relació amb l'entorn urbà.



Figura 3.10 Logo UPC



Figura 3.9 Vista façana principal



3.3. Historia arquitectura modernista

Els primers orígens de l'arquitectura Modernista a Catalunya es troben en la nova Escola Provincial d'Arquitectura, creada a Barcelona el 1871 i dirigida per l'arquitecte Elies Rogent i Amat (1821-1897).

Abans de la fundació d'aquesta escola, les tendències que van conduir fins al Modernisme ja existien en l'obra d'arquitectes com Josep Domènech i Estapà (1858-1917) que, malgrat les seves tendències eclèctiques i el seu rebuig explícit del Modernisme, no va poder evitar les influències d'aquest estil amb construccions properes al Sezessionstyl austríac.

Les tendències que es manifestaven a Europa de recuperació del passat arquitectònic medieval i que va iniciar Viollet-le-Duc van ser també seguides a Catalunya i completades amb aportacions exòtiques islàmiques i altres.

Domènech i Montaner (1849-1923) va ser essencial per definir el "Modernisme arquitectònic" a Catalunya. El seu article "A la recerca d'una arquitectura nacional", publicat a la revista *La Renaixença* mostrava la manera per aconseguir una arquitectura que reflectís el caràcter nacional català.

3.4. Ampliació Escola d'Arquitectura de Barcelona

Antoni Coderch (1913-1964) va dur a terme l'ampliació de l'antiga Escola d'Arquitectura, projectada per un dels seus professors, Eusebi Bona, un edifici que no va arribar a conèixer com a alumne, però sí com a professor.

La seva forma arrodonida i el gran finestral son una temptació constant que constitueixen una invitació permanent a l'evasió cap a l'arquitectura en viu.

La llibertat de les formes d'aquest edifici, es donaren pel mestre Josep Maria Jujol (1879-1949), un professor del qual ressonaven les seves classes al carrer i la seva arquitectura.



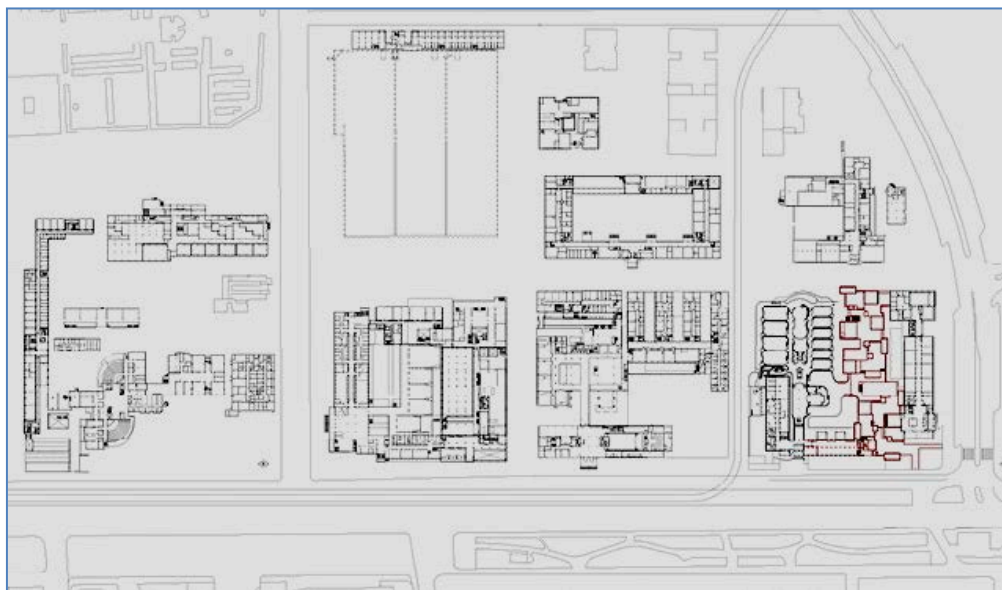


Figura 3.11 Situació de l'ETSAB en el campus després de l'ampliació

3.5. Edificis ETSAB

La construcció de l'ETSAB , es va fer al 1954, per Eusebi Bona, però posteriorment aquest edifici va sofrir una modificació, a mans d'Antoni Coderch, durant 1959-1960. A la taula 4.3 es mostren els edificis dels quals es compona actualment l'ETSAB, l'any de construcció, els arquitectes encarregats, la superfície construïda i les plantes a les quals equivalen dins de l'ETSAB. A l'annex B es troben adjunts els plànols de l'edifici A i C i AR, en els quals es mostra per cadascuna de les plantes d'aquests, les parts en les que es distribueixen cadascuna.

	Any de construcció	Arquitectes	Plantes	Superfície construïda
Edifici A	1962	Josep Maria Sagarra, Eusebi Bona, Pelayo Martínez	S1+PB+7+2E	12.167,69m ²
Edifici AR	1981		PB	492,38m ²
Edifici B Biblioteca de l'ETSAB	2009	Alejandro Falcones de Sierra, Jaume Sanmartí	S1+PB+1	21.100,00m ²
Edifici C	1980-1984	Jose Antonio Coderch i Sentmenat	S2+PB	8.678,60m ²

Taula 3.2 Edificis ETSAB [28]



4. Edificis de formigó armat dels anys 50

En els anys 50, el formigó armat va ser un material constructiu que agafava importància, i moltes estructures ja es construïen amb aquest. A continuació, s'esmenten una sèrie d'edificis situats a Barcelona, construïts entre 1950 i 1960, basats en formigó armat, ja sigui per un tipus d'estructura mixta o per alguna zona on s'ha usat aquest material. Es presenten ordenats cronològicament.

4.1. Hotel Park

Any de construcció: 1950 – 1953

Emplaçament: Avinguda del Marquès de l'Argentera, 11

Arquitecte: A. Moragas i Gallissà

Característiques: Inicialment es volia enderrocar l'edificació existent que hi havia en aquell moment, però va resultar que per sota passava un canal de quatre metres d'amplada, un conductor d'aigües procedents del Rec Comtal, una de les instal·lacions més antigues de la ciutat, construïda en L'Edat Mitjana. Tot això va originar problemes de fonamentació que van ser els que van determinar l'estructura de l'edifici.

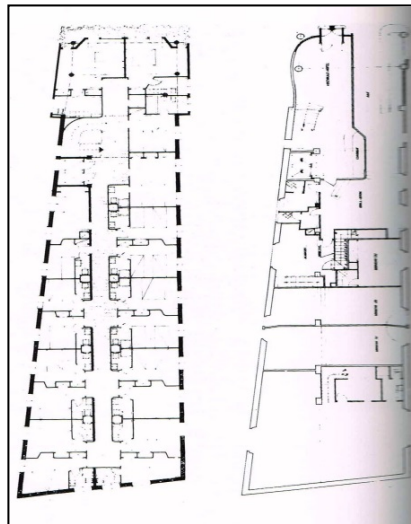


Figura 4.1 Planta habitacions i planta ingrés [22]

Es tracta d'un edifici corrent, com han d'ésser els edificis que es fan cada dia, sense cap pretensió. L'emplaçament de l'edifici en una de les zones més antigues de la ciutat causa el clàssic dilema de modern o antic.



L'estructura es mixta, de formigó armat i maó, una fórmula molt econòmica i molt d'acord amb el pressupost limitat del que es disposava. Als soterranis, s'han emplaçat els serveis generals de calefacció i magatzems. A la planta baixa, a més d'unes botigues, hi ha l'entrada de l'hotel i un bar amb entrada independent. A la resta de les plantes es distribueixen fins a cent cambres.



Figura 4.2 Hotel vist des de l'Avinguda Marqués de l'Argentera [22]

4.2. Mercat de Guinardó

Any de construcció: 1954

Emplaçament: Carrers de l'Oblit, Doctor Valls, Garrotxa

Arquitecte: P.J. Bassegoda i Musté

Característiques: Es va inaugurar el 19 de març de 1954, dia de Sant Josep i es va enderrocar l'any 2009.



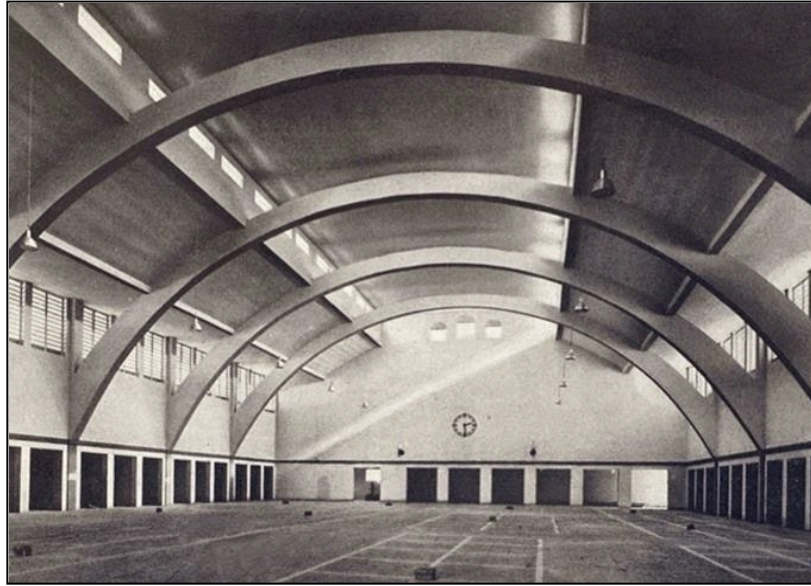


Figura 4.3 . Interior del mercat sense les parades [22]

Per iniciativa de la Tinència de l'Alcaldia d'Abastaments, va acordar la construcció d'un mercat de planta en un terreny de la seva propietat, enclavat en el lloc més alt de la Garrotxa, la forma del qual és sensiblement rectangular, amb un cantó robat, i amb una cabuda de dos mil sis-cents metres quadrats.

Es va recórrer a una ordenació de brisca tradicional: l'aprofitament de l'espai entre contraforts dels temples ogivals¹ catalans. Cinc arcs de formigó armat, de trenta metres de llum, recolzen en atansaments de sis metres.

Per a càrrega uniforme de la planta, la forma racional dels arcs és parabòlica i els cavalls de la crugia central reposen sobre corretges rectes, que assumeixen al mateix temps, la funció de traves: aquesta concentració de càrregues deforma l'antic funicular parabòlic i l'apropa a l'arc pla de directriu circular, tal com es va adoptar per l'estructura cintrada de l'obra. Amb això es rebaixa força la secció de formigó i la quantitat d'acer i, per tant, el cost.

¹ L'arc ogival és un element estructural de l'arquitectura gòtica, geomètricament més complicat que el arc de mig punt però que distribueix molt millor les forces dels elements que suporta, permetent que els edificis siguin més alts i amb més obertures a les parets.



4.3. Estadi de Futbol Club Barcelona

Any de construcció: 1954 – 1957

Emplaçament: Carrer Travessera de les Corts. Avinguda Papa Joan XXIII

Arquitecte: J. Soteras i Mauri, F. Mitjans i Miró, L. García Barbón Fernández de la Henestrosa.

Característiques: Es un dels estadis més grans del món, capaç d'albergar cent cinquanta mil espectadors.

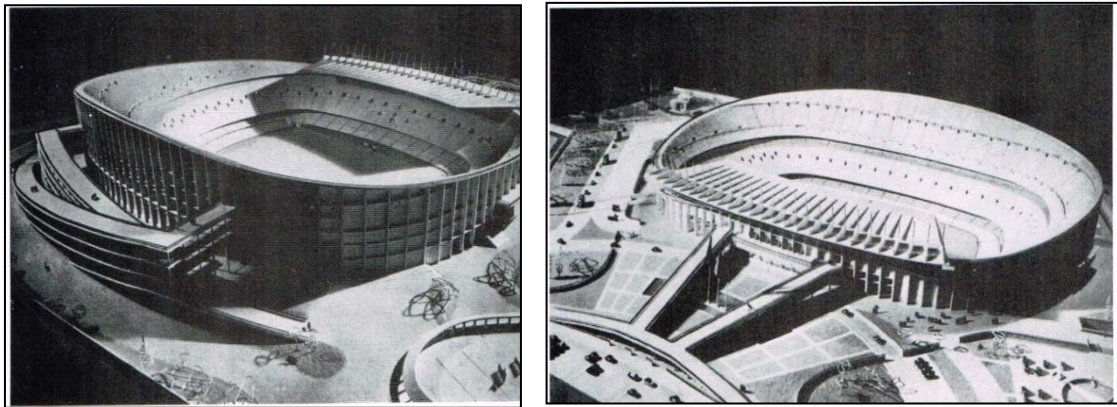


Figura 4.4 Dos aspectes de la maqueta de l'estadi FCB [22]

Tot ell és de formigó armat, i origina una construcció que s'acosta als 40 metres d'alçada. Per tal de facilitar l'accés a les diferents localitats, "s'introdueix" l'esmentada estructura en el terreny rebaixant-lo, i d'aquesta manera es col·loca al nivell exterior d'accés en un pla intermedi que disminueix el recorregut vertical mitjà dels espectadors per arribar al seu lloc, així com també ajuden les rampes de llarga extensió.

La tribuna principal està coberta amb una marquesina contrapesada molt atrevida de gran vol i d'una impressió de lleugeresa fascinant, ajudada superiorment per una bateria de tirants i suportada pels pòrtics de l'estructura general de les graderies a les quals la uneixen solament els plans verticals de l'estructura.



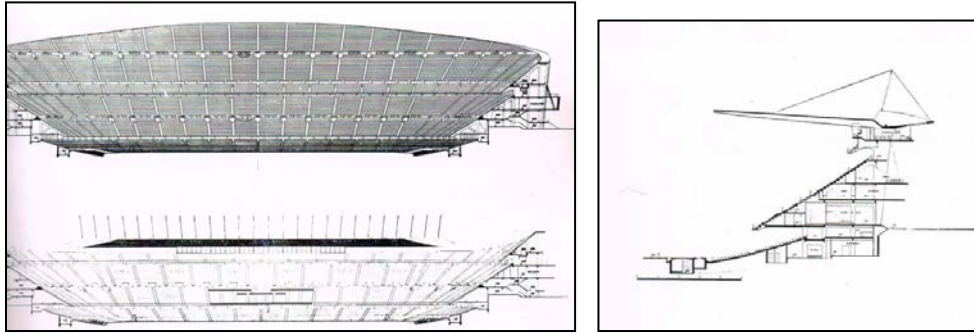


Figura 4.5 Alçats, interior graderia Est i interior tribuna [22]

4.4. Escola Universitària d'Estudis Empresarials

Any de construcció: 1954 – 1959

Emplaçament: Av. diagonal, 696 (Zona Universitària)

Arquitectes Directors: R. Garcia de Castro i J. Carvajal Ferrer

Arquitectes Consultors: J. Gili i Morós

Característiques: És un dels primers edificis projectats a la zona universitària de la Diagonal. Està articulat per un gran cos rectangular molt llarg, de cinc pisos, la façana del qual està formada per una estructura reticular vista que elimina els trams de mur cec i li proporciona una gran lluminositat. La zona escolar és la més completa en la seva concepció, a causa de les característiques especials d'aquest centre.

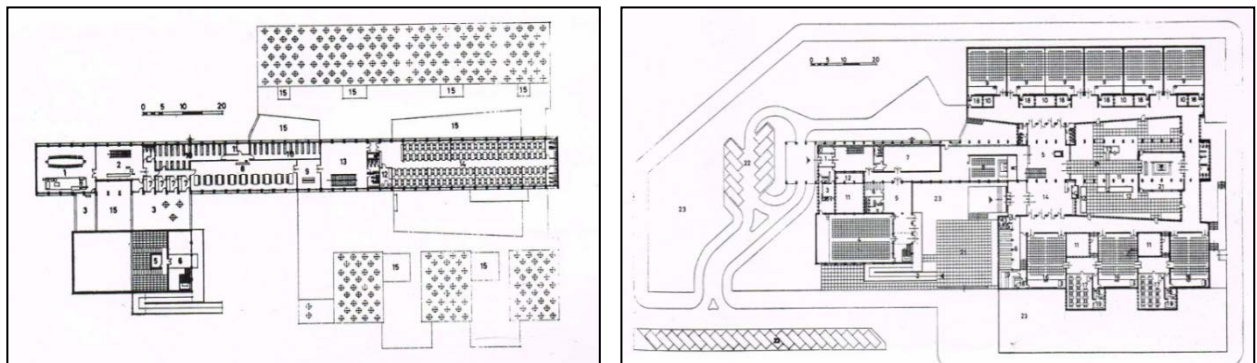


Figura 4.6 Planta primera i planta ingrés [22]



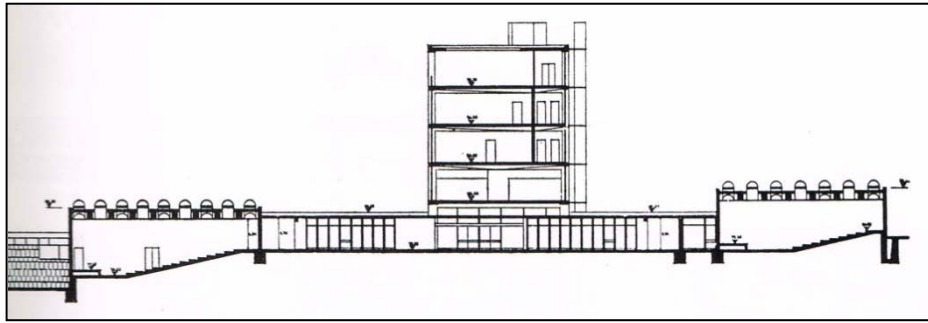


Figura 4.7 Secció transversal per el cos d'aules [22]



Figura 4.8 L'accés principal vist el balcó d'ingrés a la sala [22]

Les aules de dos-cents alumnes, dues de les quals tenen seminaris annexos, ocupen la zona de l'avinguda de la Diagonal de l'anell, mentre que les sis, de cent cinquanta ocupen el carrer posterior en projecte.

4.5. Edifici comercial

Any de construcció: 1955

Emplaçament: Carrer Mallorca, 223

Arquitecte: G. Cosp i Villaró

Característiques: L'edifici projectat respon a la classe d'edificis anomenats comercials, atès que està destinat a albergar els seus diferents pisos, negocis de petita indústria, manufactures diverses, etcètera.

La fonamentació és continua a les parets mitgeres al llarg de tot el perímetre, amb la qual cosa es refermen les fonamentacions de les cases veïnes, els fonaments, i el mur de





contenció són de formigó en massa; l'estructura de pilars i jàsseres i l'escala, de formigó armat. La coberta de l'edifici duu terrats a la catalana, (format per un maó de cantell paral·lel a la barana, sobre les rajoles del terrat, i un altre maó lleugerament inclinat, encastat a la barana i recolzat lleugerament sobre l'anterior.

Figura 4.9 Façana al carrer Mallorca [22]

4.6. Garatge Catedral

Any de construcció: 1957

Emplaçament: Carrer Sacristans/Carrer Capellans

Arquitecte: J. Anglada i Rosselló, D. Gelabert i Fontova i J. Ribas i González

Característiques: Actualment enderrocat.

Un dels requisits fonamentals a l'hora de realitzar aquest projecte era un cost de mà d'obra moderat. La naturalesa desigual del terreny de fundació, manifestada per uns sondeigs i assaigs edomètrics, van obligar a dos tipus de fonamentació: per pilons no flotants, forjats "in situ" fins una profunditat màxima de 24 metres i bigues contínues, paral·leles a la façana de més longitud.

El sistema constructiu de formigó armat és a base de pòrtics transversals de dos pisos, amb una separació de dues i tres vegades el mòdul adoptat (2,20 metres d'amplada útil d'un automòbil) amb voladissos laterals de 4 m.





Figura 4.10 Les dues façanes del garatge [22]

4.7. Centre quirúrgic Sant Jordi

Any de construcció: 1957

Emplaçament: Via Augusta, 269/Carrer Rosari

Arquitecte: R. Ribas i Seva

Característiques generals: L'estructura és mixta, murs de maó a l'interior i als fronts a llevant i ponent i interior de pati. Les façanes al nord i al sud estan vidriades en la quasi totalitat, llevat de l'element biga contínua que sosté a cada peu el forjat corresponent que s'ha calculat en formigó armat, i que a la vegada és sostingut per peus drets d'acer.

L'edifici s'ha disposat en dues ales en angle, l'una paral·lela a la Via Augusta i, l'altra, al carrer Rosari, i el conjunt comprèn cinc plantes perfectament definides.

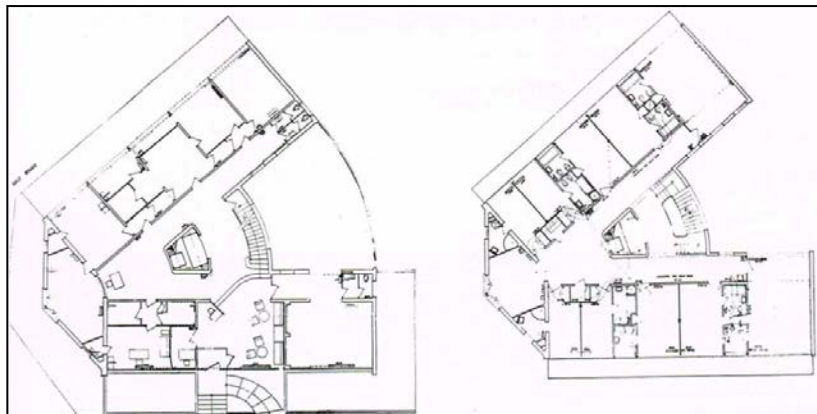


Figura 4.11 Planta ingrés i planta tipus [22]



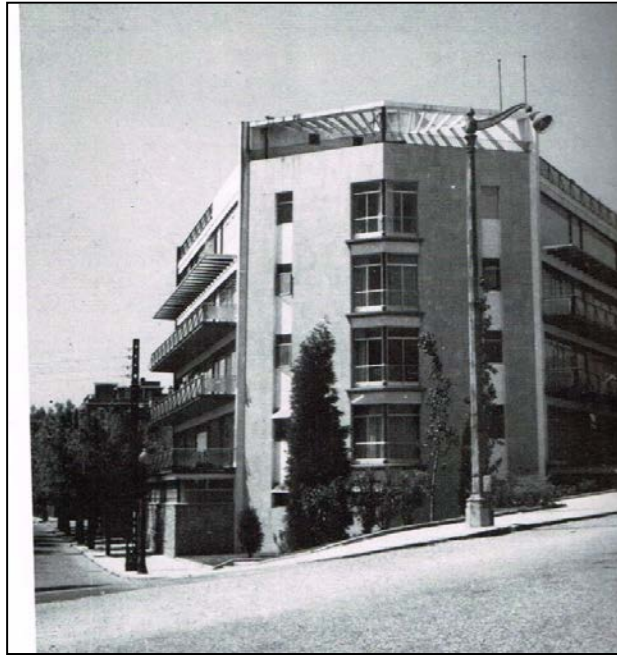


Figura 4.12 . Cantonada Via Augusta, carrer Rosario [22]

4.8. Cinema “Liceo”

Any de construcció: 1957 – 1959

Emplaçament: Carrer Creu Coberta, 96 (Sants)

Arquitecte: A. Moragas i Gallissà

Característiques: L'anomenada puresa arquitectònica, diu l'autor, serveix en molts casos per a dissimular la manca d'inspiració, que dificulta gairebé sempre la creació d'espais interessants que s'aconsegueixen amb disposicions lliures.





Figura 4.13 Façana al carrer Creu Coberta i la barra de 32 metres [22]

L'empresa propietària del local va convertir-lo en el centre recreatiu i de reunió d'un barri populós de Barcelona a partir d'una reforma de l'antic cinema Liceu.

La construcció a les jàsseres i pilars és de formigó armat, mentre que la coberta de la sala de projeccions, de plaques de fibrociment, està sostinguda per armadures de ferro laminat.

4.9. Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona

Any de construcció: 1959

Emplaçament: Avinguda de la Diagonal, 647

Arquitecte: R. Terradas i Via

Característiques: Per primera vegada en la seva llarga història, l'escola d'enginyers industrials disposaria d'un edifici destinat específicament per ser un centre docent.



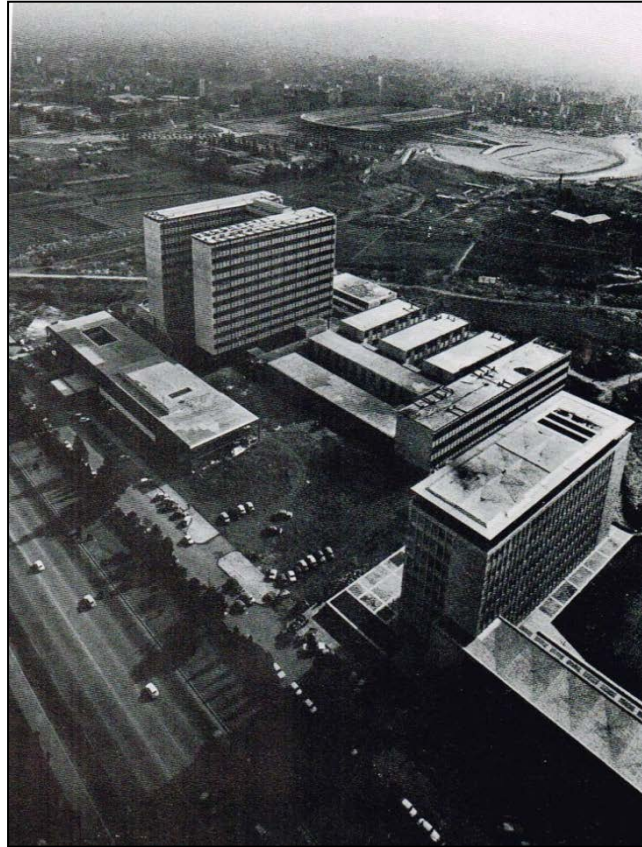


Figura 4.14 Vista aèria de l'ETSEIB [22]

La seva construcció va ser iniciada el 1955 i finalitzada el 1964, culminant una època moderna en l'arquitectura de Terradas.

Els blocs d'administració i les dues torres d'aules es projecten amb estructura metàl·lica porticada i forjats de formigó armat. Aquests dos conjunts, requereixen més noblesa en el tractament de superfícies externes que la resta, es preveuen bastidors d'alumini per al tancament del cos d'administració, lleugerament sortints respecte al pla exterior de l'estructura metàl·lica, però al final per problemes econòmics, aquests acaben sent d'acer pintat, que amb els anys mostren un estat de deteriorament per oxidació evident a simple vista. Per les torres es preveu una solució anàloga, però amb una disposició més simple que permet ser més econòmica. Els blocs destinats a laboratoris docents es construeixen de formigó armat i la seva construcció s'adaptarà a les necessitats de tipus industrial.



4.10. Mobles la Fàbrica

Any de construcció: 1961

Emplaçament: Rocafort, 142

Arquitecte: M. Ponseti i Vives i E. Sala i Pibernat

Característiques: L'empresa "Muebles la Fábrica" ha ampliat les seves sales d'exposició i venda de mobles amb un edifici d'onze plantes a Barcelona, que comunica interiorment amb el seu antic edifici.

La façana de l'edifici és l'expressió funcional de les seves plantes, la seva rigidesa s'aconsegueix amb perfils laminats que travessen interiorment els panys, els uneixen entre ells i els forjats.

Les sales d'exposició de mobles formen una simple unitat espacial. Els envans interiors estan emmarcats en perfils en forma de U de ferro, que permeten independitzar-lo dels sostres i terres.

Esquema constructiu: Estructura de formigó armat, forjats de ceràmica armada, terra de terratzo. L'escala s'ha revestit de marbres negres i beix; els revestiments interiors s'han resolt mitjançant el guixat i la pintura.

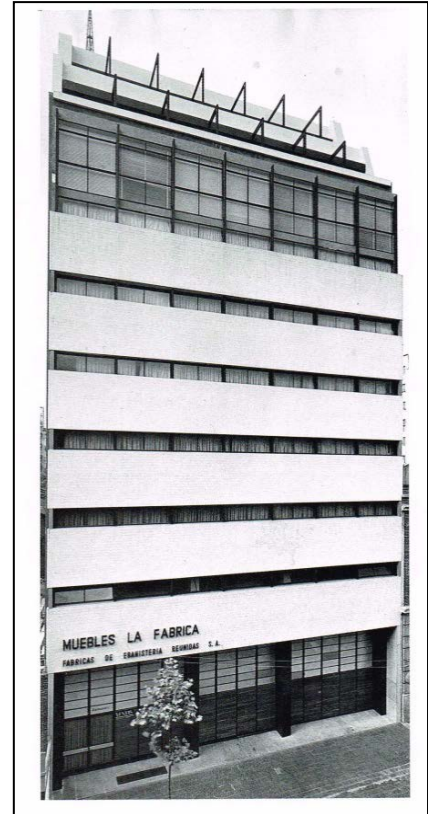


Figura 4.15 Façana [22]



5. Mètodes de càlcul de la època

5.1. Mètode de Cross

5.1.1. Introducció

El mètode de Cross o mètode d'aproximació de moments va ser desenvolupat per Hardy Cross (1885-1959), catedràtic de la universitat d'Illinois, nascut a Nansemond Country, Virginia. Aquest mètode va ser publicat per primera vegada al 1930, en una revista de l'ASCE. Es tracta d'un mètode d'aproximacions successives, el que vol dir que el grau de precisió en el càlcul pot ser tan elevat com ho desitgi el calculista. Fins a l'aparició d'aquest mètode, l'estudi d'algunes estructures només podia fer-se mitjançant procediments matemàtics prou complexes. El mètode permet seguir pas a pas el procés de distribució de moments en l'estructura, donant un sentit físic molt clar a les operacions matemàtiques que es realitzen. Va ser utilitzat des de 1935 fins 1960, quan va ser substituït per altres mètodes i, al voltant de 1950, es va començar a utilitzar al nostre país.

Cross proposa en el seu mètode que en lloc d'obtenir el valor numèric de tots els desplaçaments en una sola operació matemàtica, s'obtinguin gradualment aquests valors numèrics. Per aconseguir això proposa que, partint de l'estructura en el seu estat 1 (els nusos no poden desplaçar-se ni girar), i introduint forces artificials, s'alliberin gradualment els diferents graus de llibertat fins que les forces introduïdes artificialment desapareguin.

El mètode de Cross permet definir els diagrames de moments flectors de les estructures de pòrtics múltiples de nusos rígids i, sobre la base d'ells, determinar la validesa dels predimensionaments establerts. Està basat amb el mètode de l'equilibri, sent un mètode d'aproximacions successives. La hipòtesi per desenvolupar aquest és que no es consideren deformacions axials degudes els esforços axials perquè es consideren barres inextensibles.

El procés d'alliberament de graus de llibertat és el següent: s'allibera completament el primer dels graus de llibertat, estant la resta completament restringits, i es calculen les forces que s'indueixen a totes les barres que s'uneixen al punt de control en què és alliberat el primer grau de llibertat. Es repeteix aquest procés per al segon fins al enèsim grau de llibertat. Quan s'allibera el segon grau de llibertat, de nou s'ha de restringir completament el primer. Això equival a immobilitzar el primer grau de llibertat en la posició en què va quedar després del seu alliberament.



En acabar el cicle complet (per als n graus de llibertat) les forces restrictives artificials probablement hauran disminuït de magnitud. S'haurà de verificar si la magnitud de la major d'aquestes forces és menor que un cert límit d'error, en aquest cas, les forces internes calculades són raonablement properes a les que s'obtidrien del càlcul a través de l'ús del mètode general de rigideses.

En cas de ser major al límit d'error, s'ha de repetir el procés d'alliberament gradual dels n graus de llibertat fins que la força restrictiva major sigui menor al límit d'error acceptable.

Per l'estudi de les estructures, es poden classificar en dos grans tipus, segons sigui l'anàlisi.

- **Les estructures isostàtiques:** Per determinar les forces internes en la estructura només cal plantejar les equacions de l'equilibri per trobar les incògnites ($\sum F_{ext} = 0, \sum M_{ext} = 0$) i resolent-les és suficient. Per calcular les deformacions caldrà recórrer a les relacions constructives dels materials i les relacions geomètriques en l'estructura deformada, a partir de les quals es poden calcular les deformacions.
- **Les estructures hiperestàtiques:** En aquest cas, com apareixen més incògnites que equacions, no es pot resoldre només amb les equacions de l'estàtica anteriors, caldrà aplicar les relacions físiques entre esforços i deformacions.

El mètode de Cross diferencia entre tres tipus d'estructures segons els seus tipus de nusos rígids:

- Estructures amb nusos que permeten el gir però que no es poden desplaçar, f_v i f_h són zero (no translacionals).
- Estructures amb nusos que permeten el gir i el desplaçament dels mateixos (translacionals). Aquest és el que engloba la majoria d'estructures susceptibles d'usar el mètode a la realitat.
- Estructures amb nusos que no permeten ni gir ni desplaçament f_v , f_h i ϕ són zero (inamovibles o absolutament fixes).

En el primer cas els càlculs són prou senzills. En canvi, en el segon, cal efectuar càlculs suplementaris (estats de carga auxiliars), però les condicions en que es fonamenta no són molt més complicades.



Per l'aplicació d'aquest mètode, cal considerar el següent:

- Moments d'encastament en extrems fixos

Són els moments produïts a l'extrem de l'element per càrregues externes quan les juntes estan fixes.

- Rigidesa a la flexió (K)

És la propietat que té un element que li permet resistir un límit d'esforços de flexió sense deformar-se. La rigidesa flexional d'un element és representat com el producte del mòdul d'elasticitat (E) i el segon moment d'àrea, també conegut com moment d'inèrcia (I) dividit per la longitud (L) de l'element, que és necessària en el mètode de distribució de moments, és a dir, $K=(4EI)/L$. No és el valor exacte però és la raó aritmètica de rigidesa de flexió de tots els membres.

Existeixen aquests casos específics de rigidesa: si el nus es un encastament perfecte $K=\infty$, si és una articulació mòbil perfecte $K=0$ i si l'extrem oposat és articulat $K=(3EI)/L$.

- Coeficients de distribució

Són les proporcions dels moments no equilibrats que es distribueixen a cada un dels elements. Un moment no equilibrat en un nus, és distribuït a cada element concurrent en ell, aquesta distribució es fa directament proporcional a la rigidesa a flexió que presenta cada un d'aquests membres.

- Coeficients de transmissió

Els moments no equilibrats són portats sobre l'altre extrem del membre quan es permet el gir en el suport. La raó de moment implicat sobre l'altre extrem entre el moment en l'extrem fix de l'extrem inicial és el coeficient de transmissió. Valors Típics: 0,5 per nodes sense encastament i 0 per nodes encastats

- Convenció de signes

Un moment actuant en sentit horari és considerat positiu. Això difereix de la convenció de signes usual en enginyeria, la qual empra un sistema de coordenades cartesianes amb l'eix positiu X a la dreta i l'eix positiu Y cap amunt, resultant en moments positius sobre l'eix Z sent antihoraris.



Finalment, per aquest càlcul es poden distingir dos procediments: el directe per estructures translacionals i l'indirecte.

5.2. Mètode indirecte de Cross

Per l'aplicació d'aquest mètode, cal plantejar les següents hipòtesis de càlcul:

1. Se suposa que la relació entre les deformacions unitàries d'un material i els esforços és lineal, és a dir, el material té un comportament elàstic lineal (Llei de *Hooke*).
2. Es aplicable el principi de superposició.
3. La càrrega de l'estructura s'aplica de manera monòtona creixent.
4. Es menyspreen les deformacions degudes a l'esforç tallant.
5. L'equació que governa la flexió de les barres és la de flexió de Navier, i la solució ha de satisfer les condicions externes corresponents al comportament elàstic.
6. Es menyspreen les deformacions als esforços d'acció (ni s'allarguen ni s'escurcen).
7. Encara que s'estudiïn estructures planes sempre es suposa que l'estructura forma part d'un sistema tridimensional més gran que es estable a l'espai.

El procediment de càlcul es pot descriure com un mètode on es va desenvolupant l'estructura fins obtenir-ne la real, iniciant el procediment des d'una estructura limitada, des d'on s'aniran traient restriccions fins arribar a l'estructura real. Es poden diferenciar quatre etapes, on les dos primeres es poden englobar en "l'estat fonamental" i les altres dos en "l'estat paramètric".

- **Estat fonamental**

ETAPA 1: Els nusos no es poden desplaçar i no poden girar. Les barres estan encastades pels seus extrems en els nusos. Així apareixen els moments d'encastament perfecte.

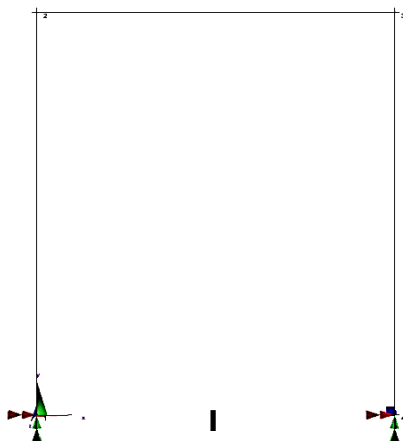


Figura 5.1 Etapa 1



ETAPA 2: Es considera que els nusos poden girar però segueixen sense poder desplaçar-se. Repartiment i transmissió de moments.

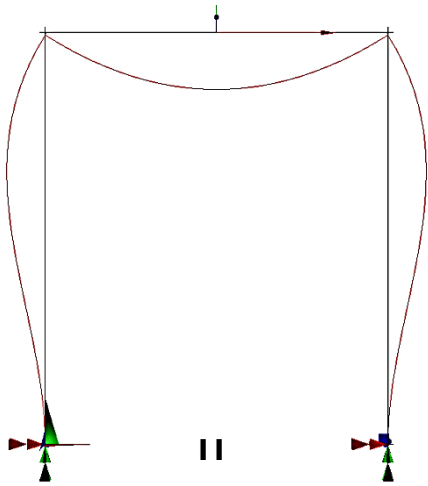


Figura 5.2 Etapa 2

- **Estats paramètrics**

Hi ha tants estats paramètrics com graus de desplaçament té l'estructura.

ETAPA 3: Els nusos es poden desplaçar, però amb rigidesa, de manera que no poden girar.

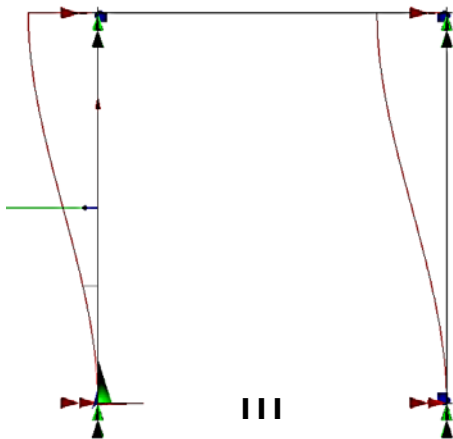


Figura 5.3 Etapa 3

ETAPA 4: Es permet el gir i el desplaçament dels nusos.

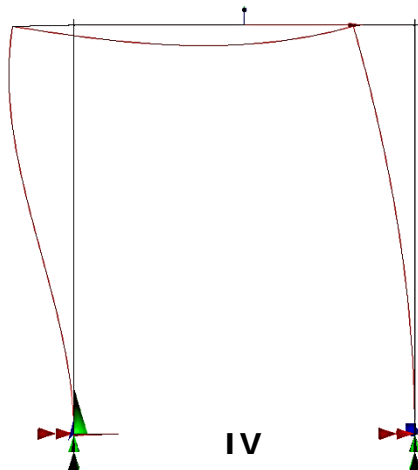


Figura 5.4 Etapa 4

Per a realitzar les imatges de les diferents etapes del procediment de Cross, s'ha utilitzat el programari de càlcul d'estructures *Estruwin*, programa informàtic desenvolupat pel departament de Resistència de Materials i Estructures de la ETSEIB.

Per tant, per estructures que no es poden desplaçar, n'hi ha prou amb l'estat fonamental, mentre que per estructures desplaçables es necessari realitzar l'estat fonamental i paramètric i, pel segon, tantes vegades com graus de desplaçament tingui l'estructura.

Pel desenvolupament del mètode de Cross, caldrà seguir els passos següents:

1. Prèviament calen els càlculs de la rigidesa de les barres, coeficients de repartiment i transmissió.
2. ETAPA 1: Càlcul dels moments d'encastament perfecte a partir de taules, teoremes de Mohr, $\sum m$.
3. ETAPA 2: Distribucions i transmissions: Es dibuixa la malla, amb els coeficients de distribució per nus i els moments d'encastament perfecte.

PROCEDIMENT

1era tornada a l'equilibri: Es desbloqueja nus a nus (desfent l'encastament) de manera que el nus pot girar i les barres interactuar.

En cada nus, les barres que concorren a ell restableixen l'equilibri, aportant un moment d'igual valor i sentit contrari. Cada barra fa la seva aportació en funció del seu corresponent



coeficient de distribució. Després de que cada nus quedi equilibrat, es fa una línia horitzontal i es torna a bloquejar el nus.

1era tornada de traspassos: Cadascun dels moments aportats per les barres, generen en els seus suports, un moment d'igual sentit (signe) i la meitat del seu valor. Òbviament, les barres que no aporten moment no traspassen moment al suport contrari. Així, s'ha completat la primera volta.

Els encastaments de l'estructura en els seus suports rebran la totalitat dels moments que se'ls hi transmetin per les barres que hi concorren, mentre que els extrems articulats no suporten cap moment.

Una vegada s'arriba al darrer nus, s'haurà de fer una altra volta per tal de compensar els desequilibris causats per la transmissió d'aquests. És a dir, s'haurà de realitzar aquest procediment fins que els moments transmesos siguin de l'ordre de l'1 al 2% dels d'encastament perfecte.

Per comprovar que no hi ha errors en el procediment, es poden sumar els moments finals de cada nus, de manera que el total haurà de ser zero, ja que està en equilibri.

4. ETAPA 3: Es calculen els parells d'encastament local per varies fases (α , β ,...), tantes com graus de desplaçament tingui l'estructura.
5. ETAPA 4: Igual que en la etapa 2, es fan les distribucions i transmissions de cada fase (4α , 4β ,...).
6. Es fan les equacions d'equilibri.

En l'etapa 4 apareixen uns esforços tallants a les barres, degut al desplaçament i gir dels nusos, tals que la seva suma en la direcció de cada topall deurà d'equilibrar a les forces directes i de l'etapa 2 trobades anteriorment.

S'estableixen les "equacions dels desplaçaments" per cadascun dels graus de desplaçament de l'estructura. Per tant, hi hauran tantes equacions com fases i, després, caldrà establir les equacions dels desplaçaments i determinar els paràmetres (α , β ,...).

7. Es sumen els moments de l'etapa 2 amb els de l'etapa 4α , 4β , corregides pels paràmetres trobats.
8. Es superposen els diagrames de moments, isostàtic i hiperestàtic.
9. Es determina l'esforç tallant en les barres i el seu diagrama.
10. Es determinen els esforços axials a les barres.
11. Es troben els girs i desplaçaments reals als nusos.
12. Finalment, es dibuixa la deformada de l'estructura.



5.2.1. Mètode directe per estructures translacionals

Anomenat també “mètode de compensació de moments”, que serveix per evitar el plantejament del sistema d'equacions del mètode indirecte, resolent-ne en una sola etapa les dues del procediment indirecte. Es considera un estat fonamental i tants estats paramètrics com graus de translacionalitat existeixin, considerant en aquests últims els efectes que sobre l'estructura descarregada produeixen les translacions successives dels nusos, originades en retirar algunes de les forces restrictives o suports ficticis. L'estat real «Er» és la superposició de l'estat fonamental «E_f» i dels estats paramètrics «E_p», afectats pels coeficients «p» de proporcionalitat entre les translacions de l'estructura real i les translacions suposades dels estats paramètrics.

Com es tracta d'un mètode característic de cada estructura, és difícil poder detallar-ho pas a pas, però la metodologia a seguir, a trets generals, és la següent:

S'han de realitzar desplaçaments i girs successius per anar aproximant-se poc a poc a l'estructura deformada. Inicialment, per evitar el desplaçament de l'estructura, es posen topalls en la mateixa. Amb els topalls col·locats es fa girar parcialment els nusos, de manera que variaran els esforços tallants de les barres, la reacció sobre els suports de les barres canviarà. Aleshores, s'aniran realitzant canvis successius, de manera que variïn les reaccions dels suports fins trobar la posició final de l'estructura, en la que la reacció sobre els suports s'anul·la. Això serà possible degut a que la suma del tallant de totes les barres corresponents a un desplaçament Δ serà igual a zero en el cas que no hi hagi forces als nusos, o iguals al tallant de l'estructura en el cas que sí les hi hagi.

5.2.2. Exemple del mètode de Cross

A l'Annex D, adjunt a aquest projecte, es realitzarà un exemple pràctic del mètode de Cross, on s'analitzaran els càlculs fets per a un pòrtic corresponent al cos I, de la distribució feta per l'arquitecte Bona de l'estructura de l'edifici de l'ETSAB.



5.3. Els mètodes que apareixen després del mètode de Cross

5.3.1. Mètodes matricials

Els mètodes d'anàlisi plantejats pels científics del segle XIX, van dotar als enginyers estructuralistes d'unes eines que tenien un camp d'aplicació restringit perquè el fet de portar implícites simplificacions, només les feien aplicables a estructures amb condicions particulars.

La seva utilització en la pràctica comença a finals dels anys 60, totalment lligats a l'aparició dels ordinadors, els quals va possibilitar l'anàlisi d'estructures més complexes, utilitzant algorismes de càlcul en els que no eren necessàries les simplificacions i per tant, eren aplicables a tot tipus d'estructures. Els nous mètodes de càlcul seguien basant-se en els teoremes fonamentals del càlcul clàssic, els quals donaven a les equacions un tractament numèric amb tècniques de l'àlgebra matricial ("mètodes matricials").

La metodologia matricial és aplicable a la totalitat d'estructures planes, superficials i espacials de nusos articulats, rígids o mixtes. Es tracta d'un sistema molt simple que s'adapta a la sistemàtica de funcionament i ordenació de dades dels ordinadors.

El procés d'anàlisi matricial d'una estructura consisteix en adaptar un model matemàtic d'estructura discretitzada en parts petites, connectades entre elles a través dels punts nodals o nodes, de manera que la representació sigui la més real possible. D'aquesta manera, el model suposa les cargues exteriors de l'estructura concentrades als nodes, i cadascun d'ells està en equilibri sota l'acció de forces que exerceixen els elements continguts a ells i, si n'hi ha, amb la carga exterior aplicada.

Dins els mètodes matricials es pot destacar el mètode matricial de la rigidesa o dels corriments, on les incògnites són les forces elàstiques nodals o els corriments nodals. En el mètode dels elements finits, la formulació més utilitzada a la pràctica és la que està basada amb el mètode dels corriments.



6. Mètodes constructius

6.1. Normativa de l'època

En aquella època, la normativa utilitzada era diferent a la que hi ha avui en dia, per això és important conèixer-la per tal d'entendre els càlculs i les solucions adoptades.

L'ETSAB és un edifici amb l'estructura global feta només de formigó armat, abans de les posteriors modificacions, i només caldrà consultar:

- 1) Orden de 23/03/1944 sobre la Instrucción definitiva para el proyecto de ejecución de hormigón, publicada en el BOE el 1 de junio de 1944, que modifica y revisa la Orden de 3 de febrero de 1939.

Com es tracta d'una estructura de formigó armat, el projecte segueix l'ordre del 23 de març de 1944. Fins a 1939 no existia documentació oficial que instruís el procediment constructiu del formigó, i per això el Ministeri va redactar una Instrucció, amb l'assessorament de la Comissió encarregada de la redacció de la Instrucció pel Projecte i Execució d'Obres de Formigó, nomenada el 24 de març de 1938.

En el primer capítol parla de les disposicions generals, referint-se en l'article 1, en el camp d'aplicació de la Instrucció, que es refereix a les construccions de formigó, tant en massa com amb armadures. En els altres articles es parla de la intervenció facultativa, serveis d'informació local, entre d'altres.

S'utilitzarà formigó normal, anomenat dolç, amb un límit elàstic superior a 2400 Kg/cm² i un allargament mínim del 18%. Caldrà fer els assaigs per determinar el coeficient d'elasticitat.

	Acer corrent	Acer especial
Càrrega mínima de rotura	36 Kg/mm ²	50 Kg/cm ²
Límit elàstic aparent mínim	24 Kg/mm ²	36 Kg/cm ²
Allargament mínim	23%	18%

Taula 6.1 Tipus d'acer i característiques

Φ: 5-6-7-8-10-12-14-16-18-20-25-30-35. Es pot comprovar que en aquella època la mida màxima dels diàmetres era de 35 mm, no es feien d'un diàmetre superior. Les dosificacions es poden determinar de manera aproximada a partir de:



Dosificació per m³ d'àrid que compleixi les condicions de l'article 9 i tingui més del 65% de compacitat.

Tipus	Ciment – Kilograms	Aigua – Litres	Resistència en proveta cilíndrica als 28 dies – Kg/cm ²
A	400	210	150
B	350	205	1830
C	25	200	85
D	200	193	60

Taula 6.2 Resistència del formigó segons el tipus de formigó

Es necessari que l'obra presenti una sèrie de documents especificats en el capítol 6.

Per qualsevol obra de formigó en massa o armat caldrà redactar prèviament un Projecte, que ha de tenir: Memòria, Plànols, Plec de condicions i pressupost.

La **Memòria** ha de contenir una descripció general de l'obra, el criteri que ha servit a la seva concepció, les hipòtesis de càlcul i sobrecàrregues considerades, els coeficients de seguretat i tensions màximes acceptades, les reaccions sobre els fonaments, i els raonaments justificatius de les dimensions i armadures dels diversos elements, amb subjecció a la present Instrucció a les teories de la Resistència de materials i estabilitat de les construccions.

En els **Plànols** i documents complementaris, es representaran les diferents parts de què consta la construcció, de manera que quedin clarament definides les formes i dimensions, tant dels elements del formigó com de les seves armadures, si n'hi ha, i la disposició de les mateixes.

En el **Plec de condicions facultatives**, s'indicaran concretament les característiques del formigó i de les armadures, les sobrecàrregues de prova i totes les condicions necessàries, a més de les assenyalades en aquesta Instrucció.

El **Pressupost** ha de formular-se a base de la cubicació de les diferents parts de l'obra i quadre de preus unitari (es recomana valorar per separat el volum del formigó, la superfície l'encofrat, el volum envoltant de la cambra i el pes de l'armadura, al que es tindran en compte les toleràncies admeses i els empalmaments i lligams).



Aquests quatre documents esmentats, seran indispensables per tot projecte que s'hagi de seguir tramitació oficial. Sempre serà indispensable la representació clara dels plànols i càlculs justificatius, documents que hauran de ser signats per un facultatiu legalment autoritzat a Espanya.

Quan a la part de valors numèrics, en general no es tindran en compte les resistències a tracció del formigó i les resistències i tensions admissibles es mostren a continuació a la taula 6.4.

Resistència a compressió en Kg/cm² (proveta cilíndrica)	120	160	200
Tensió admissible	40	53	66
Resistència a tracció i tallant	12	15	17
Tensió admissible	4	5	5,5

Taula 6.3 Resistències i tensions admissibles



7. L'ETSAB, arquitectura i construcció

7.1. Eusebi Bona, l'arquitecte

Eusebi Bona i Puig (1890-1972), era del poble de Begur. Els seus estudis d'arquitectura portaren a ell i la seva família a residir a Barcelona i, des d'aquella ciutat, va desplegar la seva potencialitat professional. No obstant això, mai no va oblidar les seves arrels i cada estiu tornava a casa a gaudir dels encants del petit poble que ell va veure néixer.

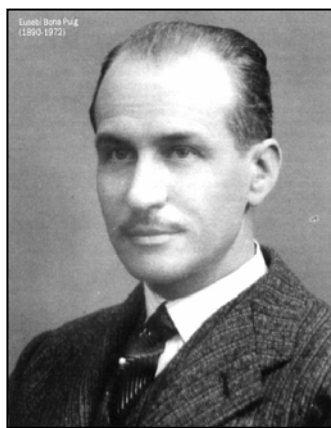


Figura 7.1 Eusebi Bona

Nasqué l'any 1890 a Begur, poble on va passar la seva infantesa i adolescència. Els seus pares foren tots dos begurencs. La mare era neboda del pare i 21 anys més jove. El pare havia emigrat a Cuba de jove i va tornar per casar-se amb la neboda (16 anys), per la qual cosa van haver d'anar a Roma. El matrimoni es va establir a Cuba, on van estar fins a 1880, quan van tornar a Begur. El pare va tenir oportunitat de fer fortuna quan a l'any 1870 el ministre d'Ultramar Segismundo Moret li va expedir el títol de "*Notario público de Comercio de la plaza de Habana*". El matrimoni va tenir una filla cubana, quatre fills begurencs i un altre barceloní.

En aquell temps un títol universitari era garantia d'estabilitat econòmica i, per tant, les famílies benestants feien estudiar una carrera a cada fill. Aquest podria haver estat el motiu de l'anada a Barcelona de la família Bona. Cada any, però, retornaven a Begur a passar-hi els mesos d'estiu.

Eusebi, amb solament 16 anys, va començar els estudis d'arquitectura a Barcelona, els quals van transcórrer amb dedicació i tranquil·litat, amb el domicili familiar a menys de 360 metres de l'Escola, en una Barcelona petita, amb tramvies i sense presses, en una ambient



una mica ingenu però adient per al cultiu del gust artístic. La seva promoció, a l'any 1915, fou solament de 10 arquitectes.

El mateix any que va obtenir el títol, ja va començar com a professor a la mateixa Escola. Primer fou auxiliar intern i, més tard, catedràtic. Va impartir assignatures dels successius plans d'estudis (1914, 1933 i 1957). Des de 1957 fou catedràtic de projectes arquitectònics, fins al 1961, any en què es va jubilar. També era invariablement membre del tribunal d'ingrés a l'Escola d'Arquitectura en els anys de *manerus dansus* (els anys 40 i 50), sent el malson de molts aspirants.

Bona es va casar dos dies abans de complir 60 anys, i va morir a Barcelona el 12 d'octubre de 1972 sense cap descendent i tampoc de cap dels seus cinc germans.

▪ Introducció a les seves obres

La dilatada vida professional que va tenir en la construcció de la ciutat des de 1920 és molt important. Va ser l'arquitecte coautor de l'edifici de Correus de Girona i també de notables obres a Barcelona i Madrid.

▪ L'obra Barcelonina

És la més important i nombrosa. Es troben obres seves a l'Eixample, a la Diagonal, a Sant Gervasi, etc. Va viure els anys en què la Barcelona extramurs era una oferta de sòl edificable abundant. Encara no havien sorgit els promotors i els edificis eren propietat d'un sol amo. Els encàrrecs els feien persones adinerades que, sovint, destinaven l'edifici a lloguer. En són exemples la casa de Jaume Mateu, Alí-Bey, 11 (1927, premi Ajuntament); la casa de Vicens Montal, Diagonal 550 (1928); el bloc residencial del Frare Negre, (1935) a Balmes/P. Sant Gervasi; les cases de Rita Llovet, Xammar, Pujades-Jorba, Lluís Rocamora i moltes altres.

Bona també va projectar edificis per a companyies importants com *la Unión y el Fénix* i *Banco Español de Crédito*, amb seus i oficines a molts llocs d'arreu d'Espanya. Foren clients d'Eusebi Bona empreses industrials importants com Nestlé, Pirelli, Damm, Ford Motor Ibèrica, Elizalde, SAFA (Blanes), Llobet-Guri (Calella), La Farga Lacambra i moltes altres amb construccions a diversos indrets. També són obra seva l'antic camp de les Corts del FC Barcelona, amb les successives ampliacions, **l'Escola Superior d'Arquitectura**, a la Zona Universitària (1954-1960), la d'Aparelladors, la de Nàutica, el Manantial, La Mina de Caldes de Malavella, el Palau de Projeccions de Montjuïc (1929), Correus de Saragossa (1917), el *Monumento a los Caídos* de la Diagonal de Barcelona (1939), l'escorxador de Mataró (1934), etc.



També va condicionar la finca dels Güell a Pedralbes per convertir-la en l'actual Palau Reial, conjuntament amb el conegut arquitecte F. De P. Nebot. Intervingué en la reforma del Liceu, el projecte d'alguns cinemes, esglésies, panteons funeraris, etc. Finalment, s'ha d'esmentar alguna actuació de tipus urbanística, com el Pla Parcial de la Diagonal, amb el projecte d'un grup residencial a la plaça de Pius XII (1950).

▪ **Resum cronològic**

1980	Neix a Begur (Gerona).	1931	Passatge Luxor. – P ^o Gracia/Clarís (projecte).
1906-1908	Curs d'Admissió a l'Escola d'Arquitectura de Barcelona.	1932	Casa Rita Llovet. – Muntaner, 292.
1908-1910	Curs de preparació.	1932	Casa Astier. – Balmes, 209-211.
1910-1914	Curs de Carrera.	1935	Casa Juan Mateu. – Muntaner, 305-307 i Laforja/Santaló.
1915	Títol d'Arquitecte.	1935	Casa Xammar. – Bruch/Mallorca.
1916	Professor ajudant de Pedro Domènech a Historia de les Arts Plàstiques i Teoria de l'Art.	1935-1940	Grup Residencial en el Frare Negre. – Balmes/P. ^o San Gervasio/Folgarolas/Moragas.
1922	Catedràtic de Projectes de l'Escola d'Arquitectura de Barcelona.	1935-1940	Casa en carrer Balmes, 188.
1922	Reforma del Liceu (projecte).	1939	Reforma de la casa Heribert Pons. Rbla. Catalunya, 19-21.
1923	Sanatori Puig Sureda (projecte).	1940-1943	<i>Banco Español de Crédito.</i> –Pça. Catalunya, 10.
1925	Palacete Heusch. –P ^o . S. Gervasio (destruït).	1944	Casa de Herta Hubler. – Muntaner, 297.
1927	Casa Jaime Mateu. Alí-Bey, 11 (premi Ajuntament 1932).	1946	Casa Paseo Don Bosco.
1927	Palau de Projeccions. Montjuïc.	1949	<i>Fénix Español.</i> Salamanca.
1927	Col·labora a la construcció del <i>Pueblo Español</i> .	1950	Grup Residencial en Pça. Hispanitat (avui plaça Pío XII)



			(projecte).
1927	<i>Unión y el Fénix Español</i> . P.º Gracia/Diputación.	1952	Casa Sr. Mogas. – Balmes, 202- 204 (projecte).
1928	Casa Vicente Montal. – Diagonal, 550.	1956	Nestlé, S.A. – Aragón, 244-246- 248.
1928	Sala espectacles. Alpens (Barcelona).	1957-1960	Nucli Universitari.
1928	<i>Pavelló Hispano-Suiza</i> .	1961	Finalitza com a catedràtic per la jubilació.
1929	<i>Banco Central</i> . Plaza Catalunya/Vergara (projecte).	1966	Damm, S.A. – Urgell, 71.
1930	Casa Jaime Mateu. – Diagonal/Balmes/París.	1972	Mor a Barcelona el 12 d'octubre.
1931	Ordenació de <i>manzana</i> Rosellón/Córcega/Lauria/Bruch (projecte)		

Taula 7.1 Resum cronològic [1]

7.1.1. Projectes

- **LA UNIÓ I EL FÈNIX**

La Unió i el Fènix, va ser un edifici que va ser la seu d'una de les més importants companyies d'assegurances. Va néixer a Madrid, en 1879, com a resultat de la fusió de La Unió, fundada el 1856, i el Fènix Espanyol, una companyia d'assegurances reunides, fundada el 1864. L'emblema de la companyia, l'escultura amb l'au i el jove Ganimedes, va ser realitzat el 1911 per l'escultor francès Charles René de Saint-Marceaux.

La companyia d'assegurances es fa present en les més importants ciutats espanyoles. En 1927, la seva seu es trobava situada en un entresòl del número 10 del carrer Trafalgar, però quan s'adquireix un solar al cèntric Passeig de Gràcia, es pensa traslladar la seva seu. Es convoca un concurs que s'adjudica a l'arquitecte **Eusebi Bona i Puig**, arquitecte i, durant gairebé 40 anys, catedràtic a l'Escola d'Arquitectura de Barcelona. Va destacar en els seus treballs per un estil que ha estat qualificat de monumentalista, ja que en general es tracta



d'edificis de dimensions considerables en els que utilitza un repertori formal usant estils del passat més grandiloqüents, entre ells el barroc i rococó francès.

Per Passeig de Gràcia, des del número 21, seu de la Unió i el Fènix espanyol, baixant fins al número 1, seu del Banesto, es pot apreciar perfectament l'evolució estilística d'Eusebi Bona, d'un monumentalisme historicista a un monumentalisme auster.

A part de la cúpula, amb la marca de la casa, l'edifici d'Eusebi Bona destaca per presentar una doble alteració de la normativa constructiva aplicada als edificis de l'Eixample: d'una banda és més alt, amb 59 metres, i per l'altre presenta una façana de forma arrodonida oberta al xamfrà, diferent a la resta dels edificis de la zona. Això respon a la voluntat de monumentalitzar l'edifici d'acord amb la voluntat de la burgesia de fer-ho al Passeig. Destaquen, també, la composició vertical de l'edifici, amb set cossos, els dos laterals lleugerament sortints. La planta baixa s'organitza a base de grans arcs amb la porta d'accés al centre i la resta, amb entresòl, destinades a botigues. El primer pis es concep amb un ampli balcó. Dobles columnes de capitell corinti unifiquen la segona i la tercera planta i serveixen de base per ubicar una sèrie de figures que representen la indústria, l'agricultura, les arts i la navegació. La cinquena presenta balcons metàl·lics i, l'últim pis, es concep com una mena de golfa de tipus francès, mitjançant la cobertura amb pissarra.



Figura 7.2 La Unió i el Fènix en 1927 i actual

- **CORREUS I TELEGRAF**

Es tracta d'un edifici singular i característic d'una part de Girona, de Correus i Telègrafs, que va ser construït entre els anys 1916 i 1920, i inaugurat el dia 31 del març de l'any 1922, seguint el disseny dels arquitectes **Eusebi Bona** i Enric Catà i Catà (Sant Feliu de Llobregat,



1878 - Barcelona, 1937), autors del projecte guanyador per a la seva realització, seguint l'estil noucentista.

Situat al final de la Gran Via Jaume I, carrer que tanca, iniciant l'avinguda de Ramon Folch mitjançant la façana principal, un lateral forma part de la plaça de Sant Agustí i l'altre del carrer Jeroni Real de Fontclara. De la façana principal de l'edifici de Correus en destaca tota la sèrie d'escultures de Frederic Marés i Deolovol (Portbou, 1893 - Barcelona 1991), també en destaca la cúpula cilíndrica revestida amb la rajola vidriada (o de València), que preveia el projecte presentat per Rafel Masó, projecte que no va ser l'escollit, però del que es va aprofitar aquesta part per incloure'l a aquest edifici.



Figura 7.3 Façana edifici Correus i telègraf

7.2. L'avinguda Diagonal

Als anys 40, el pla vigent a Barcelona concebia la zona sud-oest de l'Avinguda Diagonal com la porta principal d'accés a la ciutat i consistia en la zonificació i traçat de la via general que englobava l'Avinguda del Generalísimo (actualment l'Avinguda Diagonal) i el barri de Les Corts. Aquest Pla, redactat per la "Oficina de estudios de la Comisión Técnica Especial de Urbanismo del Excmo Ayuntamiento de Barcelona", formada per José M^a Soteras Mauri, Emilio Bordoy Alcántara i Javier Subías Fages, donava prioritat a valors com la família o el ordre social per tal de garantir el confort que no oferien les ciutats. No obstant, es deixava entreveure l'inevitable canvi per la progressiva invasió del sector pels edificis que s'estaven construint, el que portava a la desaparició dels camps de cultiu, havent de recórrer a la nova reordenació rural realitzant grans inversions i prometent mantenir-se intacte el nou casc antic.



Però, en la situació econòmica de crisi que estaven, la iniciativa privada era incapaç d'emprendre aquesta operació i, amb la intenció de preveure el control del sector estudiantil, aquest terreny va ser escollit per emplaçar el futur nucli universitari. Així, la Junta d'Obres de la Ciutat Universitària de Barcelona, va assumir la decisió, creada per Decret de 22 de desembre de 1950.

Un any després, el "Ministerio de Educación Nacional" va concedir un crèdit extraordinari de 200 milions de pessetes per començar l'operació i, més endavant, es va crear la Comissió Econòmica i un Gabinet Tècnic, tots dos dependents de la Junta d'Obres.

Els joves arquitectes, però, no estaven d'acord amb l'enfocament del projecte d'organitzar, amb les edificacions futures destinades a instal·lacions docents, un conjunt monumental situat a l'entrada de la ciutat per l'accés més important, criticant que la proposta de planificació donava prioritat a l'obtenció d'una imatge simbòlica i sacrificava les condicions que podien configurar una comunitat universitària autèntica.

Malgrat tot això, la Junta d'Obres, amb el suport del govern, va continuar adquirint terrenys fins que el 1955 va finalitzar l'operació, i en aquest mateix any, mentre la premsa local i la Societat d'Amics de la Ciutat es desfeien en elogis a la Junta i la felicitaven per la composició perfecta dins de la zona de "serveis tan heterogenis com la Maternitat, el Cementiri de les Corts, el camp del F.C. Barcelona, un parc públic, el Reial Club de Polo, el Palau de Pedralbes i la Caserna del Bruc", el Col·legi d'Arquitectes va convocar una junta general per tractar el tema.

En aquesta junta es va sol·licitar de l'Ajuntament i de la Comissió d'Urbanisme l'estudi d'una ubicació del nucli universitari que s'ajustés al plantejament del Pla d'Ordenació de Barcelona, que preveia un ús residencial d'aquesta zona. A més, es va demanar la convocatòria d'un concurs per redactar el pla concret d'aquest nucli, abans de construir-hi qualsevol edifici destinat a la docència, situat a Avinguda Diagonal, entre l'Avinguda de Pedralbes i l'Av. Gregorio Marañón.

Aquell mateix any es va iniciar el trasllat de facultats i van començar les obres per la construcció de la Facultat de Farmàcia i la de Dret. Posteriorment, es van anar edificant les Escoles d'Arquitectura, Aparelladors, Belles Arts, la de Comerç, la d'Enginyers industrials, i les facultats de Ciències (Física i Química), Filosofia i Lletres i Biologia.

Actualment l'Avinguda Diagonal és el carrer més ample de Barcelona amb 50 metres, i, també, el més llarg, 11 kilòmetres després de la prolongació. La monumentalitat urbana i



arquitectònica que s'havia previst, no s'ha aconseguit per la falta de col·laboració entre els autors dels projectes de les diferents facultats. A més, cal destacar que la situació de la Ciutat Universitària és més complexa, perquè les Escoles Tècniques que s'han constituït en Universitat Politècnica han hagut d'adquirir terrenys cada vegada més allunyats de la zona inicial, per poder completar el seu desenvolupament.



Figura 7.4 Avinguda Diagonal als anys 50

7.3. Estructures i càlculs de l'ETSAB

L'edifici es va construir a l'Avinguda Diagonal, 649, entre l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona (ETSEIB) i l'Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona (EPSEB). Darrera de l'ETSAB, al carrer Pau Gargallo, està la Facultat de Belles Arts.

A la figura 7.5 es pot observar la distribució de les escoles esmentades, situades al voltant de l'ETSAB:





Figura 7.5 Situació en el mapa de l'ETSAB i les escoles properes [29]

La memòria de càlcul, obtinguda del COAC, no dona massa informació sobre els motius del perquè utilitza formigó armat per a la construcció de l'edifici, però si se sap que l'utilitza en la seva totalitat, i que aquest està dividit en quatre edificis, construïts en diferents anys, el A, el C, el AC i el B, i ja comentats en l'apartat 4.5 d'aquesta memòria.

La figura 8.1 i 8.2 mostren la façana la del edifici A i la del C.

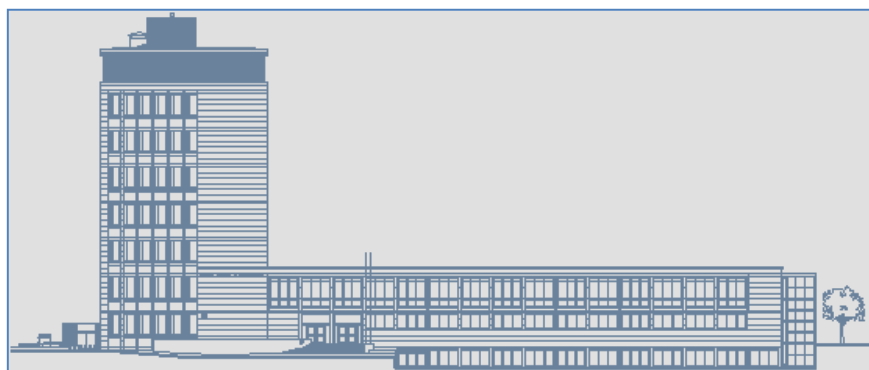


Figura 8.1 Façana de l'edifici A de l'ETSAB



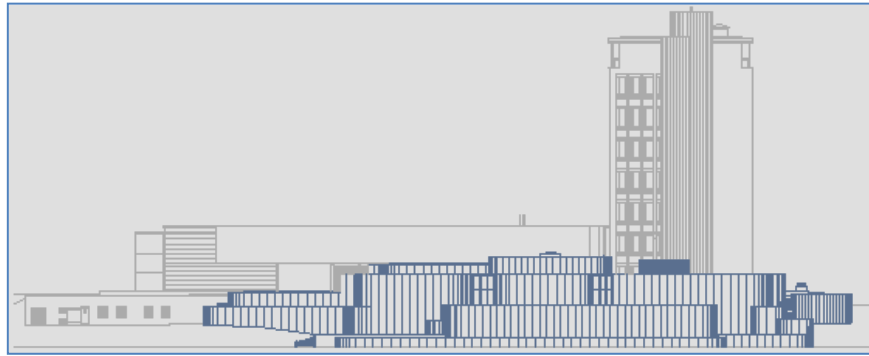


Figura 8.2 Façana de l'edifici C de l'ETSAB

El que s'obté de la memòria de càlcul, com bé diu el nom, són els càlculs que realitza Bona per el dimensionament de l'edifici, i l'elecció de les armadures, quantitat i número. No obstant, hi ha valors com la resistència característica o la resistència del formigó, que no apareixen explícitament a la memòria i que, per tant, s'han hagut de deduir i fer hipòtesis.

Bona, per realitzar els càlculs de l'edifici, diferencia en quatre parts l'edifici, el cos I, II, III, IV i V. Pel cos I realitza uns càlculs previs de càrrega i pes propi que afecten als càlculs dels moments i al dimensionament de les jàsseres. Pel cos II les càrregues i pesos propis són diferents que les del cos I. Pel II i IV utilitza càrrega unitat. Del cos V no apareix cap càlcul a la memòria però es pot deduir que el càlcul és realitzaria de manera anàloga al I o II.

Posteriorment realitza els càlculs pels pilars exteriors i centrals. La figura 8.3 mostra la distribució dels cossos de l'edifici pels càlculs fets a la memòria.

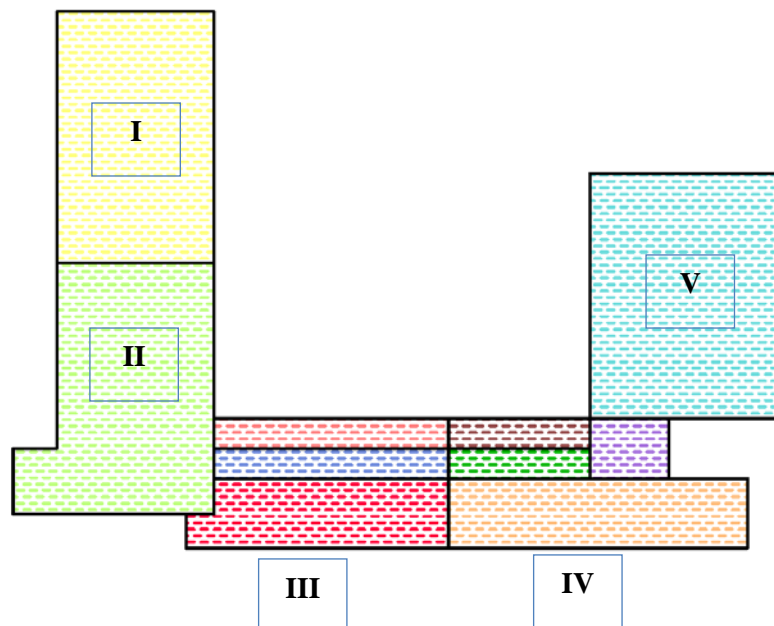


Figura 8.3 Distribució en planta dels edifici de l'ETSAB al 1954



A l'annex E s'analitzen els càlculs descrits a la breu memòria de càlcul. Es evident que s'han fet més càlculs que els descrits a la memòria, a més de simplificacions que no apareixen reflectides en lloc, per tant, s'han hagut de fer hipòtesis i deduccions, com s'ha comentat abans. El que sí s'observa és la simplicitat d'aquests, sempre utilitzant formules generalistes per al càlcul de moments als pòtics.

D'aquesta manera els arquitectes no es compliquen fent mètodes més exactes com ara el mètode de Cross. S'entén que són dos els motius que els porten a fer uns càlculs tant simples; per una banda la poca altura dels edificis, i per l'altra la voluntat expressa dels arquitectes de no voler cedir el protagonisme a cap industrial per por a perdre l'autoritat en la direcció del projecte.



8. Impacte ambiental

La consciència ecològica a l'època de la construcció de l'ETSAB, no era una cosa primordial a la societat, ja que hi havia altres temes de més interès, com el propi desenvolupament aconseguint el màxim benestar de les famílies. És per això que les normatives referents al medi ambient eren inexistents.

No obstant, l'estudi d'impacte ambiental, que seria d'obligada realització avui en dia abans de l'execució del projecte, es realitza a continuació.

8.1. Efectes sobre el paisatge i el medi geològic

Quan es parla d'efectes sobre el paisatge es parla del canvi visual que porta la construcció de l'edifici. És evident que existeix un canvi, però el paisatge afectat no està preservat per cap normativa. A més, si es pensa en avui en dia, el paisatge es va veure modificat per diverses escoles, no només l'ETSAB, construïdes en diferents anys, les quals avui en dia, totes elles conformen la Zona Universitària.

Respecte a l'efecte sobre el medi geològic, l'edifici es construeix sobre terrenys d'ús agrícola desqualificat d'aquest ús i per permetre la seva urbanització, estenent la zona urbana de Barcelona pel sud-oest al llarg de la nova avinguda Diagonal. Fora de les parcel·les de construcció no s'efectuaren talussos ni moviments de terra.

8.2. Impacte acústic

La zona on es construirà l'edifici no té habitatges al voltant, de manera que no es considera cap afectació acústica que pugui pertorbar als usuaris de les zones residencials.

8.3. Afectació sobre cursos d'aigua i ecosistemes associats

No es consideren afectacions de cap tipus sobre cursos d'aigua i els seus ecosistemes associats, ja que al terreny on es construirà l'edifici no hi discorre cap curs d'aigua ni actiu ni ocasional. Tampoc l'estructura té una composició que afecti l'aigua. A més de que la profunditat dels fonaments de les estructures no afectarà a cap possible curs d'aigua perquè la capa freàtica es troba a molta profunditat.



8.4. Afectació a la vegetació

A la zona on es construeix només hi han camps de cultiu d'hortalisses i petits tubercles per al consum humà, i no hi han arbres amb especial nivell de protecció per no tractar-se de cap espècie protegida.

8.5. Afectació a la fauna i a la permeabilitat biològica

La zona on es construeix serà urbanitzada en breu, per tant no es considera que s'hi pugui trobar cap espècie de fauna que necessiti mesures especials a nivell de parcel·la edificada.

8.6. Afectació sobre la permeabilitat de traça de les persones

La parcel·la ocupada per l'edifici quedarà ballada i no es permetrà el pas de persones no vinculades a la facultat, però en tot cas la volta que haurà de fer un individu per superar la parcel·la no li suposarà cap molèstia.



9. Pressupost

9.1. Pressupost del projecte d'enginyeria

Per definir el pressupost del projecte d'enginyeria, prèviament s'han de definir els conceptes que apareixen en aquest pressupost.

- **Recopilació d'informació:** es tracta de l'anàlisi de les fonts, que comprenen nombrosos arxius i que són a l'abast de l'investigador.
- **Anàlisi estructural i redacció:** juntament amb el cost de la investigació, aquest cost representa un gran percentatge respecte el total del cost del projecte. Comprèn l'estudi de l'origen i execució de les obres de l'edifici, també l'anàlisi de l'estructura.
- **Desplaçament i dietes:** l'emplaçament de les fonts, representa un cost afegit quan a l'accés de l'investigador a aquestes.
- **Impremta** (copia documents): és la reproducció de la documentació obtinguda de les fonts en el treball previ d'investigació.

Tipus de treball	Cost [€/h]	Temps empleat [h]	Cost total [€]	Cost total amb IVA [€]
Recopilació d'informació	30	250	7.500	
Anàlisi estructural	30	150	4.500	
Redacció	30	150	4.500	
Desplaçaments i dietes			350	
Impremta (copia documents)			120	
IVA	21%			3563,7
TOTAL honoraris			16.970	20.533,7

Taula 9.1 Pressupost d'enginyeria

Per tant, el total del projecte realitzat per un enginyer seria d'uns vint mil cinc-cents trenta-tres amb 7 cèntims.

9.2. Pressupost original de l'ETSAB

El Pressupost d'Execució Material (PEM) de l'ETSAB s'ha pogut obtenir de l'Arxiu Històric del Col·legi d'Arquitectes, i es mostra el llibret resum de preus desglossat, que data del 15 de març de 1957.



1	C/plusos [pessetes]	S/plusos [pessetes]
CI Moviments de terres, estructura, paleta	16.466.288,18	15.686.048,71
CII Pedra picada i marbre	4.987.277,09	4.638.056,49
CIII fusteria	5.760.596,67	5.545.724,49
CIV Electricitat	2.107.082,65	2.059.797,96
CV Fontaneria i gas	349.032,70	328.875,06
CVI Aparells sanitaris	157.405,31	155.650,04
CVII Calefacció	3.887.940,12	3.748.919,90
CVIII serralleria	466.378,02	422.790,76
CIX Aparells elevadors	1.001.751,45	935.257,80
CX Pintura	1.306.251,06	1.233.433,65
CXI Vidrieria	218.461,15	217.396,20
CXII Escultura	840.000,00	840.000,00
TOTAL Execució material (PEM)	37.548.464,40	35.811.900,61

Taula 9.2 Llibret de preus desglossat

Posteriorment, al PEM s'ha d'afegir un 15% que prové de:

Pressupost total del projecte (15% EM amb plusos):	43.475.431,74 pessetes
Honoraris arquitectes	
Direcció	
Honoraris aparelladors	
Pressupost projecte	

Taula 9.3 Preus amb plusos



2	quantitat	preu [pessetes]
Preus formigó armat	350 kg	369,56
1m ³ formigó tipus C		
0,15 m ³ fusta d'encofrat	1410 pts/m ³	211,50
122 kg de ferro	8 pts/kg	976,00
TOTAL		1.557,06

Taula 9.4 Preus formigó armat

	quantitat	preu [pessetes]
4h abocament	13,04 pts/h	52,16
35 h encofrat	13,68 pts/h	478,8
TOTAL		2088,02
Medis auxiliars 5%		104,40
Sense plusos		2.192,42
Plusos	353,44 pts	2.545,86

Taula 9.5 Preus mà d'obra



Al 1959, apareix un document a la memòria obtinguda de l'Arxiu Històric, que representen modificacions del pressupost i que és el següent:

1 M ² de ventana guillotina construida en aluminio anodizado transporte y beneficio industrial (5%+15%) cristales cajonera registro persiana "Normaroll" en aluminio coloracion	2.300 pts 460 " 420 " 70 " 690 " 60 "
Total pesetas	4.000
Valor del M ² de ventana guillotina construida en madera con persiana enrollable de madera (5 presupuesto)	2.335,85 pts
Total M ² de ventana en E. Arquitectura segun proyecto reformado -	2.558,84 a 4.000 pts = 10.235.360,00
Total M ² de ventana en E. Arquitectura consignado en presupuesto	1.938,30 a 2.335,85 = 4.527.578,05
Diferencia en más - pts	5.707.781,95
En el proyecto reformado hay una diferencia de 620,54 M ² en más con relacion al presupuesto oficial aplicando el precio consignado en presupuesto a los M ² del proyecto reformado, el total	M ² 2.558,84 a 2.335,85 = 5.977.066,41
obteniendo + un aumento de 4.258.293,59 (10.235.360,00 - 5.977.066,41) considerando el se considera nuevo precio (4.000 pts) aplicado a la misma superficie de ventanas (2.558,84 M ²)	
Diferencia en más que representa el aumento de superficie de ventanas (aplicando el precio consig. nado en presupuesto. 2.335,85 pts)	5.977.066,41 - 4.527.578,05 1.449.488,36

Figura 9.1 página 1 pressupost [2]



según el presupuesto de contrata.

el precio del m² edificat resulta ser 4.180 pts.

Aplicand dicho valor al exeso de superficie que acusa el proyecto reformat, tenemos

$$643 \text{ m}^2 \text{ a } 4.180 \text{ pts} = 2.687.740,00 \text{ pts}$$

importe del exeso de coste de las ventanas aplicand el precio consignat en presupuesto y que se refiere a ventanas guillotina y persianas enrollables (tort ello en madera)

	+ 1.449.488,36
(A) Aumento del presupuesto — pts	4.137.228,36

aplicand el nuevo precio correspon. frente a la ventana guillotina de aluminio anodizad, en persiana "Normaroll" obtenemos un aumento de — pts

	2.687.740,00
	+ 10.235.360,05
	12.923.100,05
(B) Aumento del presupuesto	10.235.360,05

Diferencia entre A y B	12.923.100,05
	- 4.137.228,36
	pts 8.785.871,69

(C) Aumento real del presupuesto

Diferencia entre B y el importe de las ventanas consignadas en presupuesto según el precio correspondiente a ventanas madera = (C) 8.395.522,00

Diferencia entre A y C	8.395.522,00
	- 4.137.228,36
	4.258.293,64

Figura 9.2 página 2 pressupost [2]



Al final d'aquest document es pot llegir que el pressupost queda de: **4.258.293,64 pts**

Anteriorment, abans de la modificació de 1959, s'havia calculat un pressupost d'execució material de **43.475.431,74 pts**.

Amb la modificació, se li afegeixen, al valor del PEM, 4.258.293,64 pts, obtenint un valor de **47.733.725,38 pts**.

Finalment, afegint la mà d'obra (amb plusos): 2.545,86 pts, i el formigó armat: 1.557,06 pts, s'obté un valor final de **47.737.828,30 pts**.

Als arxius del pressupost apareix un altre quadre equivalent a la liquidació general de l'obra realitzada, on el valor inicial de l'execució material és de **47.878.006,73 pts**, prou semblant però no igual al calculat anteriorment de **47.737.828,30 pts**. No obstant, els valor difereixen per una sèrie de raons que no estan a l'abast.

Per tant, a la taula següent, a partir del nou valor de l'execució material s'obté el següent:

3	[pessetes]	Preu [pessetes]
Execució material		47.878.006,73
15%	7.181.701,00	
Plusos	2.019.298.79	
TOTAL		57.079.006.74
Reducció	17,54%	10.011.657,74
TOTAL		47.067.348.78

Taula 9.6 Liquidació general de l'obra realitzada

A data 20 de juny de 1963, al pressupost de la memòria, apareix calculat el projecte d'urbanització:

	Preu [pessetes]
Excavació Transport Balcons de ferro Luna polida	<i>No especificat</i>
TOTAL	740.803,60
Import realitzat (Liquidació gral. + projecte urbanització)	46.326.545,18

Taula 9.7 Projecte urbanització



Per tant, el pressupost total ascendeix a una quantitat de **quaranta-sis milions tres-cents vint-i-sis mil cinc-cents quaranta-cinc pessetes amb divuit dècims**, un valor menor al que apareix a la taula 9.6, calculat abans de 1963. Com que no apareix reflectida cap informació que expliqui aquest canvi, sinó que només apareix el valor final justificat com import realitzat, es considerarà aquest el valor del pressupost final.

A nivell de comprovació s'aplica la variació del índex de preus de consum per comprovar el cost actual que suposaria construir l'ETSAB d'acord amb el pressupost original. Segons dades del Institut nacional d'Estadística la variació del IPC és de 3.176,9%.

Per tant: $46.326.545,18 \cdot (1 + 3.176,9\%) \cdot (1 \text{ euro} / 166,6 \text{ ptes}) = \mathbf{9.112.092,191 \text{ euros.}}$



Conclusions

Una de les primeres coses que es pot analitzar és el fet que quan es realitza la construcció de l'ETSAB, als anys cinquanta i seixanta, l'escassetat de materials i recursos va condicionar molt el sector de la construcció. No obstant, el pla d'estabilització i l'obertura de l'economia espanyola cap els mercats exteriors va portar a la progressiva desaparició d'aquestes limitacions. Després, el món de la construcció ha estat evolucionant fins als nostres dies.

La memòria de càlcul de l'ETSAB no és gaire precisa quant a especificacions de càlcul o detalls constructius, però és suficient completa com per poder fer un estudi sobre els mètodes de càlcul i fer la comparació dels resultats amb un programa de càlcul actual.

L'arquitecte utilitza dos mètodes diferents en funció de les característiques de la part que vol calcular. Com s'ha vist al llarg de la memòria, diferencia l'estructura en cinc cossos. Si els càlculs són senzills i es poden fer simplificacions, duu a terme el Cross de la jàssera. En canvi, per estructures més complicades, on fer el Cross seria llarg i feixuc, s'utilitza un promptuari que proporciona unes fórmules ja establertes en funció de les característiques de la jàssera i el tipus de carrega que suporta. Es pot observar també que no hi ha majoració de càrregues ni s'utilitza coeficients de seguretat

La posterior comprovació amb l'actual programa de càlcul, *Estruwin*, corrobora que els càlculs fets fa cinquanta anys són correctes, i força semblants entre ells. A més, aquest edifici ha sofert ampliacions i reformes, que no han fet més que millorar-lo i augmentar la seva vida útil.



Agraïments

En primer lloc, m'agradaria poder donar las gràcies al tutor d'aquest projecte, Josep Maria Pons Poblet, que m'ha orientat des del principi, des de l'elecció del tema, fins a la comprensió de coses en el projecte que s'escapaven dels meus coneixements, a més de facilitació d'informació que m'ha proporcionat quant a documentació del projecte.

Tota l'ajuda aportada per l'Arxiu Històric del Col·legi d'Arquitectes de Catalunya també ha de ser esmentada, ja que sense la seva documentació, la base d'aquest projecte, no hagués sigut possible la realització del mateix.

A més, també m'agradaria agrair a tots els professors que he tingut durant la carrera, en especial als de la meva intensificació, els quals m'han ajudat a arribar on estic ara.

Finalment, voldria agrair el suport de la família i amics, que en tot moment m'han animat a seguir endavant i m'han ajudat en tot el que podien durant el desenvolupament del projecte.



Bibliografia

Referències bibliogràfiques

- [1] ANTONI GONZÁLEZ I RAQUEL LACUESTA. *Barcelona, guía de arquitectura 1929-2000*.
- [2] ARXIU HISTÒRIC DEL COAC. *Memoria sobre la creación y el funcionamiento de la Escuela Superior de Arquitectura de Barcelona*, Barcelona, 1896.
- [3] ARXIU CODERCH. OBRES I PROJECTES. *Ampliació de l'Escola d'Arquitectura de Barcelona*. Barcelona, 1978. [<http://www.etsav.upc.es/arxcoderch/ct-f15.htm>, 5 de novembre de 2014]
- [4] ARXIU HISTÒRIC DEL COAC. *Col·legi Oficial d'Arquitectes de Catalunya*. [http://www.coac.net/COAC/centredocumentacio/arxiu/afonsbcn/BonaPuig/BonaPuig_c.htm, 10 Desembre 2014]
- [5] ARXIU HISTÒRIC DEL COAC. Projecte d'escola tècnica superior d'arquitectura.
- [6] BONA PUIG, E. *Projecte de l'escola tècnica superior d'arquitectura de Barcelona. Memòria de càlculs*. Arxiu històric del Col·legi oficial d'Arquitectes de Catalunya.
- [7] CHÁVEZ, J. *Apuntes del curso Analisis de estructuras II*. FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL, U.A.N.L, agosto 2001.
- [8] CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES METALÚRGICAS (CSIC). DEPARTAMENTO DE METALURGIA PRIMARIA Y RECICLADO. *La investigación siderúrgica en el CENIM*. Setembre 2008. [PDF].
- [9] DEMO E-DUCATIVA CATEDU. *El punto de inflexión: el plan de estabilización*. [http://e-eucativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3750/3910/html/11_el_punto_de_inflexin_el_plan_de_estabilizacin.html, 3 de novembre de 2014].
- [10] ENRIQUE AZPILICUETA ASTARLOA. *La Construcción de la Arquitectura de Postguerra en España*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID, ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA, 2004.



- [11] ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA UNIVERSIDAD DE NAVARRA. *Los años 50: La arquitectura española y su compromiso con la historia*. Pamplona, 16/17 març 2000, p. 20.
- [12] GARCÍA DELGADO, J.L. *La economía española durante el franquismo*. Noviembre 1995. [<http://vespito.net/historia/franco/ecofran.html>, 2 de novembre de 2014].
- [13] GOOGLE EARTH. Coordenades: 41° 23' 3" N 2° 6' 50" E. Dia 5/11/2014. Capes activades: edificis 3D i relleu.
- [14] JOSÉ MARÍA FORNONS. *Teoría de estructuras. Tomo 1*. Publicat per la CPDA a l'ETSEIB.
- [15] MANUEL DE TERAN, L. SOLE SABARIS, J. VILA VALENTI. *Geografía general de España*. Editorial: Ariel (Barcelona).
- [16] MARTÍN ACEÑA, P. 1959: *Sin plan de estabilización*. Universitat d'Alcalà, abril 2003. [PDF]
- [17] NAVARRO HUNDIEL, S. *Análisis estructural I-Método de Cross*. UNI NORTE, juny 2010.
- [18] ORDRE DE 23/03/1944. BOE 1/06/1941 "*Instrucción definitiva para el proyecto de ejecución de hormigón*" modifica y revisa norma del 1939.
- [19] PASSEIG DE GRÀCIA. *La Unión y el Fénix*. [<http://www.paseodegracia.com/historia/union-fenix-paseo-de-gracia/>, 17 de Desembre 2014]
- [20] PEDRES DE GIRONA. *Correus i Telègrafs*. [http://www.pedresdegirona.com/separata_correus.htm, 17 Desembre 2014].
- [21] PONS, J.M. TORRES, LL. *Actes d'història de la ciència i de la tècnica*. Nova època. Vol 1, 2008, p. 209-215.
- [22] PUBLICACIONS ETSAV *L'arquitectura dels anys cinquanta a Barcelona*. ETSAV.
- [23] RAMÓN TAMAMES. *Introducción a la economía española*. Alianza Editorial. Madrid 1967.



- [24] RAMÓN TAMAMES. *La era de Franco. Tiempo de historia*. vol 14 (Año II) Prensa Periódica S.A. Madrid 1976.
- [25] REVISTA DE GIRONA. *L'arquitecte begurenc Eusebi Bona i l'evolució de la seva obra*. nº 218, maig-juny 2003.
- [26] REVISTA TECNOLOGÍA Y DESARROLLO. *El hormigón: historia, antecedentes en obras y factores indicativos de su resistencia. Volumen X*, 2012.
- [27] SABATÉ, J. *Anàlisis estructural de dos edificios metàl·lics: l'ETSEIB i la Facultat de Dret*. Proyecto Final de Carrera. Barcelona: Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Batrcelona
- [28] UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA. ESCOLA TECNICA SUPERIOR D'ARQUITECTURA DE BARCELONA. *Història*.
[<https://www.etsab.upc.edu/web/frame.htm?i=2&m=escuela&c=escuela>, 15 de novembre de 2014].
- [29] UNIVERSITAT POLITECNICA DE CATALUNYA. SERVEI DE COMUNICACIÓ I PROMOCIÓ. *Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona (ETSAB)*. Barcelona,
- [30] UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA. ESCOLA TECNICA SUPERIOR D'ARQUITECTURA DE BARCELONA. UPCmaps.
[<http://maps.upc.edu/?iU=107&lang=ca>, 5 març de 2015]
- [31] IX CONGRESO DE HISTORIA ECONÓMICA. *Mercado y Estado: los Planes de desarrollo durante el Franquismo*. Murcia, setembre 2008. [PDF].

Bibliografia complementària

- [1] JOSÉ MARÍA FORNONS. *Teoría de estructuras. Tomo 1*. Publicat per la CPDA a l'ETSEIB.
- [2] RAMON GRAUS I JAUME ROSELL. *Història de la construcció a la Catalunya contemporània*. Apunts del curs.
- [3] ANTONI GONZÁLEZ I RAQUEL LACUESTA. *Barcelona, guía de arquitectura 1929-2000*.



- [4] NOVA ENCICLOPEDIA CATALANA DE L'ESTUDIANT. *Ciències socials*. Barcelona, Edicions CARROGGIO, S.A. Vol 11, p. 64-125.

